А. П. НЕЗНАЙКО, Б. Ю. ГЕЛИКМАН

КОНДЕНСАТОРЫ И РЕЗИСТОРЫ



МАССОВАЯ
РАДИОБИБЛИОТЕКА

Вып. 861

А. П. НЕЗНАЙКО, Б. Ю. ГЕЛИКМАН

КОНДЕНСАТОРЫ И РЕЗИСТОРЫ



«ЭНЕРГИЯ»
МОСКВА 1974

6Ф0.3
Н 44
УДК 621.319.4+621.316.8

Незнайко А. П. и Геликман Б. Ю.

Н 44 Конденсаторы и резисторы. М., «Энергия», 1974.

112 с. с ил. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 861).

Рассматриваются современные широко используемые типы конденсаторов и непроволочных резисторов; даются их основные характеристики. Проводится система кодированных обозначений конденсаторов согласно отраслевой нормали НОЖО.000.004.

Книга рассчитана на широкий круг читателей, занимающихся разработкой и конструированием радиоэлектронной аппаратуры.

Н $\frac{30404\text{-}390}{051(01)\text{-}74}$ 317-74 6Ф0.3

ВВЕДЕНИЕ

Одним из главных направлений современного технического прогресса является широкое внедрение в народное хозяйство электроники. Отсюда очевидна важность ускоренного развития такой отрасли промышленности, как радиодеталестроение — отрасли, разрабатывающей и производящей самые массовые элементы электронной аппаратуры — конденсаторы и резисторы.

За последние годы в нашей стране разработан и выпускается промышленностью большой ряд новых типов конденсаторов постоянной емкости, непроволочных и проволочных резисторов, расширены диапазоны номинальных напряжений и емкостей существующих старых типов, модернизированы конструкции, позволяющие применять радиокомпоненты в более жестких условиях эксплуатации.

Бурный рост радиодеталестроения в стране, применение различного рода новых типов диэлектриков заставили отказаться от старых, буквенных обозначений конденсаторов и резисторов и ввести согласно ГОСТ 13453-68 новые цифровые обозначения, разделяющие конденсаторы на группы по виду диэлектрика, назначению и варианту исполнения, а резисторы на группы по характеру проводящего слоя. Кроме того, для миниатюрных конденсаторов и резисторов введена сокращенная, кодированная система обозначений номинальных емкостей или сопротивления и допускаемых отклонений.

Разносторонние области применения радиоэлектронной аппаратуры выдвигают перед ней различные специфические требования, а именно малогабаритность, устойчивость к повышенным и пониженным температурам, влагостойкость, устойчивость к механическим нагрузкам и ряд других. Требования, предъявляемые к аппаратуре, естественно, полностью относятся и к комплектующим эту радиоаппаратуру компонентам, в частности к конденсаторам и резисторам. Во многих случаях значительное воздействие на радиодетали могут оказывать агрессивные среды, тропический климат, роса, иней, всевозможные виды излучений, которые необходимо также принимать во внимание.

Теплоустойчивость. Температура является одним из важнейших факторов, влияющих на надежность, долговечность и сохранность радиодеталей, а также на изменения характеристик их параметров. Так, для конденсаторов параметром, учитывающим влияние температуры, является температурный коэффициент емкости (ТКЕ) — величина, характеризующая циклическое изменение емкости конденсатора при изменении температуры на 1 °С. Циклическое изменение — это изменение емкости конденсатора в зависимости от изменения температуры по закону, близкому к прямолинейному. При этом емкость

конденсатора должна вернуться к исходному значению по установлении первоначальчой температуры.

Наилучшей цикличностью обладают керамические конденсаторы. Для них обычно указывается средняя величина ТКЕ в заданном интервале температур, которые принято выражать в миллионных долях от емкости конденсатора при нормальной температуре на 1 °С (10^{-6} на 1 °С).

Предельно допустимая температура $t_{пред}$ на поверхности радиодетали слагается из двух составляющих: температуры окружающего деталь воздуха t_0 и температуры перегрева Δt:

$$t_{пред} = t_0 + \Delta t.$$

Когда говорят о температуре окружающего деталь воздуха, необходимо иметь в виду температуру внутри радиоаппаратуры, которая, как правило, значительно выше температуры окружающей ее атмосферы. Это происходит за счет выделения тепла электронными лампами, трансформаторами, реле и другими элементами, работающими в аппаратуре. С учетом этих обстоятельств современные конденсаторы и резисторы в зависимости от области и условий их применения конструируются в расчете на сохранение работоспособности при температуре окружающей среды до 70—85 °С, а в отдельных случаях до 150—200 °С.

Предельно допустимая температура оговаривается соответствующими техническими условиями, причем использование радиокомпонентов в условиях, превышающих граничные, недопустимо, так как может привести к резкому изменению параметров, ухудшению механических свойств и т. д., т. е. в конечном счете к снижению надежности и долговечности.

Холодоустойчивость. Отрицательные температуры окружающей среды способствуют снижению предельно допустимой температуры на поверхности радиодеталей и могут поэтому в отдельных случаях содействовать повышению их надежности. Отрицательная температура окружающего воздуха в естественных условиях, как правило, не превышает —60 °С, однако расчет и конструирование радиодеталей ведутся исходя из условий работы при более низких температурах. Это не распространяется на некоторые типы электролитических конденсаторов, которые в силу своих физических, а в некоторых случаях и механических особенностей не могут работать при существенно низких температурах. Для каждого типа радиодетали такая температура указывается в технических условиях (ТУ).

Влагоустойчивость. На поверхности деталей, находящихся в воздушной среде, всегда имеется пленка адсорбированной влаги. Толщина и загрязненность этой пленки определяют степень влияния ее на свойства радиодеталей, и это влияние тем больше, чем больше относительная влажность воздуха и температура окружающей среды. Через микропоры влага проникает внутрь радиодеталей, вызывая при этом изменение их свойств. У конденсаторов уменьшается сопротивление изоляции, снижается электрическая прочность, увеличивается тангенс угла потерь и изменяется емкость. У резисторов проникновение влаги внутрь вызывает изменение сопротивления. При приложении электрической нагрузки влага, проникшая в эмалевое или лаковое покрытие резистора, может вызвать ускоренное разрушение проводящего слоя. Поэтому конденсаторы и резисторы разрабатываются с учетом использования их в атмосфере с относительной

влажностью до 95—98%. При необходимости эксплуатации конденсаторов и резисторов в условиях повышенной относительной влажности воздуха используют средства собственной защиты от влаги. К ним относятся герметизация в металлическом или керамическом корпусе; опрессовка радиодеталей пластмассой, заливка эпоксидными смолами, покрытие лаками, эмалью, глазурью. Ряд радиодеталей не поддается собственной защите. Такие детали необходимо применять в герметизированной аппаратуре.

Устойчивость к механическим нагрузкам. Кроме воздействия климатических условий, существуют многие другие опасные воздействия, которые могут вызвать ухудшение работоспособности или повреждение аппаратуры и ее элементов. Возможны механические воздействия в форме ударов или вибраций, комбинации механических воздействий и неблагоприятных климатических условий, повреждения в результате длительного хранения и т. д. Величина этих нагрузок незначительна при условии хорошей амортизации аппаратуры и, наоборот, может возрасти в случае, если в диапазон частот вибраций аппаратуры или платы с радиодеталями входит и резонансная частота колебаний самой радиодетали. Способность радиодетали противостоять разрушающим действиям механических нагрузок различных видов и при этом сохранять свою работоспособность называется вибропрочностью (при вибрации) или ударной прочностью (в случае ударной нагрузки) радиодетали. Все виды механических нагрузок, которые может выдержать конденсатор или резистор, оговариваются соответствующими ТУ.

Атмосферное давление. Повышенное в 2—3 раза атмосферное давление не оказывает существенного влияния на работу радиодеталей и, как правило, техническими условиями не оговаривается. Отрицательно сказывается пониженное атмосферное давление, которое вызывает ряд сложных физических процессов, воздействующих на радиодетали. К ним можно отнести, в частности, наблюдающееся в определенном диапазоне давлений снижение электрической прочности воздуха и ухудшение теплообмена.

Особенность работы радиодеталей в этих условиях заключается в том, что снижение электрической прочности воздуха создает опасность пробоя воздушных зазоров и перекрытий по поверхности радиодеталей. Учитывая это обстоятельство, необходимо при размещении радиоэлементов в аппаратуре не допускать близкого расположения токоведущих частей радиодеталей друг от друга и от шасси, остроконечных наплывов припоя, облегчающих условия перекрытия.

Нарушение теплообмена в условиях пониженного атмосферного давления накладывает определенные ограничения на электрические нагрузки некоторых типов радиодеталей. В большей мере это касается резисторов, имеющих значительные удельные мощности рассеяния. Границы применения радиодеталей в условиях пониженного атмосферного давления оговорены ТУ и в зависимости от типа радиодеталей могут быть до 5 *мм рт. ст.*

КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КОНДЕНСАТОРОВ

Важнейшие характеристики, конструкция и область применения конденсаторов в основном определяются диэлектриком, разделяющим его обкладки. Поэтому обычно конденсаторы классифицируются и получают свое название по виду диэлектрика (табл. 1).

Таблица 1

Система сокращенных обозначений конденсаторов

Первый индекс	Второй индекс	Третий индекс	Четвертый индекс	Пример обозначения
	Группа конденсаторов по виду диэлектрика	**Назначение**	**Порядковый номер**	К15И-1
К—конденсаторы постоянной емкости	10—Керамические на номинальное напряжение ниже 1 600 *в* 15—Керамические на номинальное напряжение 1 600 *в* и выше 20—Кварцевые 21—Стеклянные 22—Стеклокерамические 23—Стеклоэмалевые	Не обозначается—для работы в цепях постоянного или пульсирующего и постоянного тока	Вариант исполнения конденсаторов одной группы по виду диэлектрика	(Конденсаторы постоянной емкости, керамические, на номинальное напряжение выше 1 600 *в*, предназначенные для работы в импульсных режимах)
	24—Слюдяные малой мощности 32—Слюдяные большой мощности 40—Бумажные на номинальные напряжения ниже 1 600 *в* с фольговыми обкладками	**П**—для работы в цепях постоянного и переменного тока		
	41—Бумажные на номинальные напряжения 1 600 *в* и выше с фольговыми обкладками	**Ч**—для работы в цепях переменного тока		

Первый индекс	Второй индекс	Третий индекс	Четвертый индекс	Пример обозначения
К—конденсаторы постоянной емкости	42—Бумажные с металлизированными обкладками 50—Электролитические алюминиевые 51—Электролитические танталовые фольговые 52—Электролитические танталовые объемно-пористые 53—Оксидно-полупроводниковые 60—Воздушные 61—Вакуумные 70—Полистирольные с фольговыми обкладками 71—Полистирольные с металлизированными обкладками 72—Фторопластовые 73—Полиэтилентерефталатные с металлизированными обкладками 74—Полиэтилентерефталатные с фольговыми обкладками 75—Комбинированные	У—для работы в цепях постоянного и переменного тока в импульсных режимах И—для работы в импульсных режимах		

Продолжение табл. 1

Первый индекс	Второй индекс	Третий индекс	Четвертый индекс	Пример обозначения
КТ—конденсаторы подстроечные **КП—конденсаторы переменные**	1—Вакуумные 2—Воздушные 3—С газообразным диэлектриком 4—С твердым диэлектриком	**Порядковый номер исполнения** Вариант исполнения конденсаторов одной группы по виду диэлектрика		КТ2-1 (Конденсаторы подстроечные, воздушные)
КН—Конденсаторы нелинейные (вариконды)	**Численное значение основного параметра** Минимальный коэффициент по напряжению переменного тока—для варикондов, управляемых напряжением переменного тока Минимальный коэффициент нелинейности по напряжению постоянного тока—для варикондов, управляемых напряжением постоянного тока Коэффициент прямоугольности—для варикондов с прямоугольной петлей гистерезиса	**Назначение** Ч—управляемые напряжением переменного тока П—управляемые напряжением постоянного тока ВТ—с прямоугольной петлей гистерезиса (для вычислительной техники)	**Порядковый номер исполнения** Вариант исполнения варикондов одного назначения	КН8Ч-1 (Вариконды, управляемые напряжением переменного тока, с коэффициентом нелинейности не менее 8)

1. Конденсаторы с оксидным диэлектриком: электролитические и оксидно-полупроводниковые.

2. Конденсаторы с твердым органическим диэлектриком: бумажные, металлобумажные; пленочные; лакопленочные; комбинированные (пленка+бумага).

3. Конденсаторы с твердым неорганическим диэлектриком: керамические, слюдяные, стеклопленочные, стеклокерамические.

В свою очередь электрические характеристики конденсаторов определяют его качество. К ним в первую очередь относятся емкость конденсатора *C*, номинальное и рабочее напряжение *U*, ток утечки или сопротивление изоляции $I_{ут}$ ($R_{из}$), потери энергии, температурный коэффициент емкости (ТКЕ).

Таблица 2

Ряды номинальных емкостей конденсаторов постоянной емкости (ГОСТ 2519-67)

Е24 (доп. откл. ±5%)	Е12 (доп. откл. ±10%)	Е6 (доп. откл. ±20%)	Е24 (доп. откл. ±5 %)	Е12 (доп. откл. ±10%)	Е6 (доп. откл. ±20%)
1,0	1,0	1,0	3,3	3,3	3,3
1,1			3,6		
1,2	1,2		3,9	3,9	
1,3			4,3		
1,5	1,5	1,5	4,7	4,7	4,7
1,6			5,1		
1,8	1,8		5,6	5,6	
2,0			6,2		
2,2	2,2	2,2	6,8	6,8	6,8
2,4			7,5		
2,7	2,7		8,2	8,2	
3,0			9,1		

Емкость конденсатора. Емкость — это способность конденсатора накапливать электрический заряд на своих обкладках. Емкость конденсатора характеризуется отношением заряда *Q* к величине напряжения *U*, приложенного к обкладкам:

$$C = Q/U. \qquad (1)$$

Если *Q* выразить в кулонах, а *U* в вольтах, то единицу емкости *C* получим в фарадах. Эта единица слишком велика для практического применения, поэтому обычно пользуются меньшей единицей — микрофарадой (*мкф*):

$$1\ мкф = 1 \cdot 10^{-6}\ ф,$$

или пикофарадой

$$1\ пф = 1\ мкмкф = 1 \cdot 10^{-6}\ мкф = 1 \cdot 10^{-12}\ ф.$$

Промежуточная единица между микрофарадой и пикофарадой называется нанофарадой:

$$1\ нф = 1\,000\ пф = 1 \cdot 10^{-3}\ мкф = 1 \cdot 10^{-9}\ ф.$$

Емкость конденсатора зависит от многих внешних факторов: напряжения и частоты переменного тока, температуры окружающей среды, времени хранения. Различают номинальную и фактическую емкость конденсатора. Номинальная емкость — емкость, указанная на маркировке конденсатора (табл. 2). Она отличается от фактической замеренной при нормальных (комнатных) условиях на величину допуска.

Допуск (ΔC_0) — это относительное отклонение емкости конденсатора от номинальной величины, выраженное в процентах:

$$\Delta C_0 = \frac{C_ф - C}{C} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где C — номинальная емкость конденсатора; $C_ф$ — фактическая емкость.

Другими словами, величина допуска характеризует класс точности конденсаторов. Наиболее широкое применение находят конденсаторы I класса точности с допуском ±5%, II класса — с допуском ±10% и III класса — с допуском ±20%. Электролитические и сегнетокерамические конденсаторы могут иметь разброс по емкости в пределах от +100 до —40%.

Номинальное и рабочее напряжения. Следует различать номинальное и рабочее напряжения. Номинальным напряжением электрического конденсатора считается напряжение (обычно постоянное), маркированное на конденсаторе, при котором он способен надежно работать в течение срока, гарантированного ТУ, сохраняя все основные параметры (емкость, ток утечки, сопротивление изоляции) в том числе при условии воздействия сторонних факторов (температура, давление и пр.) в пределах, ограниченных ТУ.

Рабочим напряжением конденсатора считается то, при котором он эксплуатируется в аппаратуре. Рабочее напряжение может быть значительно меньше, но ни в коем случае не больше номинального. По величине номинального напряжения конденсаторы подразделяются на конденсаторы низкого и высокого напряжения. Граница деления проводится условно и несколько смещается в ту или иную сторону для отдельных типов конденсаторов. Например, бумажные конденсаторы считают высоковольтными, начиная с 1 600 *в*, а керамические — с 1 000 *в*.

Кроме номинального напряжения, конденсатор характеризуется еще пробивным и испытательным напряжениями. Пробивным считается то напряжение, при котором конденсатор пробивается во время постепенного подъема напряжения. Выявление пробивного напряжения позволяет установить испытательное напряжение, которое близко к пробивному и определяет электрическую прочность конденсатора, зависящую прежде всего от толщины и качества диэлектрика, разделяющего обкладки. Электрическая прочность конденсатора зависит также от особенностей конструкции конденсатора, площади обкладок, однородности материала, условий теплоотдачи; она всегда уменьшается, если конденсатор работает при повышенных температурах окружающей среды или повышенной влажности.

Сопротивление изоляции. Сопротивление, оказываемое конденсатором прохождению постоянного тока, называют сопротивлением изоляции конденсатора; его находят, поделив напряжение постоянно-

го тока U, приложенное к конденсатору, на величину установившегося значения тока утечки:

$$R_{из}=U/I_{ут}, \qquad (3)$$

где $R_{из}$, *Мом*, если U, *в*, и $I_{ут}$, *мка*.

Сопротивление изоляции конденсаторов обычно очень велико, как правило, оно выражается в мегаомах, гигаомах или в тераомах:

$$1\ Мом=1\cdot10^6\ ом;\ 1\ Гом=1\ 000\ Мом=1\cdot10^9\ ом.$$

$$1\ Том=1\ 000\ Гом=1\cdot10^6\ Мом=1\cdot10^{12}\ ом.$$

Для конденсаторов емкостью от 1 *мкф* и выше вводится параметр, называемый постоянной времени конденсатора τ и представляющий собой произведение сопротивления изоляции $R_{из}$ на емкость C (*Мом·мкф*). Физически постоянная времени τ представляет собой время, за которое конденсатор, заряженный до напряжения U_0 и отключенный от источника питания, будет саморазряжаться на сопротивление изоляции между его обкладками до

$$U=\frac{1}{e}U_0\approx0{,}37U_0, \qquad (4)$$

или 37% его начального значения. Постоянная времени конденсатора не зависит от его формы и геометрических размеров и определяется только качеством диэлектрика.

Для конденсаторов с оксидным диэлектриком (электролитических) вместо сопротивления изоляции нормируется и проверяется ток утечки, а иногда сопротивление изоляции. Сопротивление изоляции конденсатора резко снижается в условиях высокой влажности, если он не герметизирован, а также при высокой температуре окружающей среды. При этих же условиях у электролитических конденсаторов возрастает ток утечки.

Потери энергии. При эксплуатации некоторая часть подводимой к конденсатору энергии расходуется на его нагрев, сопровождаемый рассеиванием тепла в окружающую среду. Вследствие этого при протекании через конденсатор переменного тока векторы тока и напряжения (рис. 1) сдвинуты один по отношению к другому меньше чем на 90° (угол φ). Вектор I_0 соответствует току в конденсаторе без потерь. Угол δ, дополняющий фазовый угол до 90°, называется углом диэлектрических потерь (часто его называют просто углом потерь конденсатора). В общем случае потери энергии в конденсаторе складываются из потерь в диэлектрике, которые характеризуются качеством примененного диэлектрика, и потерь в металлических частях конденсатора. Потери энергии, или расходуемая

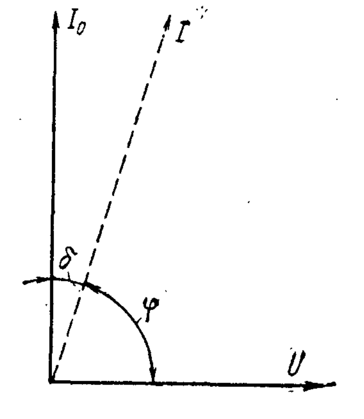


Рис. 1. Векторная диаграмма потерь в конденсаторе. δ — угол, дополняющий до 90° угол сдвига между векторами тока и напряжения.

активная мощность в диэлектрике, при переменном напряжении могут быть выражены формулой

$$P_а = 2\pi U^2 f C \operatorname{tg} \delta, \ вт, \qquad (5)$$

где U — действующее напряжение, приложенное к конденсатору, *в*; f — частота синусоидального тока, *гц*; C — емкость конденсатора, *ф*; $\operatorname{tg} \delta$ — тангенс угла потерь.

В зависимости от вида диэлектрика тангенс угла потерь у различных конденсаторов не одинаков. Так, у керамических и слюдяных он порядка 0,0025. У электролитических на два порядка выше. Для низкочастотных конденсаторов с большими значениями $\operatorname{tg} \delta$ в ТУ обычно указываются номинальное значение постоянного тока, верхний предел диапазона частот и предельно допустимые амплитуды напряжения переменной составляющей тока. Для высокочастотных конденсаторов с малыми значениями тангенса угла потерь в ТУ, кроме того, вводятся дополнительные ограничения электрической нагрузки в виде предельной реактивной мощности $P_р$:

$$P_р = 2\pi f U^2 C, \ вар. \qquad (6)$$

Зная величину реактивной мощности, можно определить предельную величину действующего напряжения переменного тока, обеспечивающего при частоте f гарантию от перегрева конденсатора:

$$U_{действ} = \sqrt{\frac{P_р}{2\pi f C}}, \ в, \qquad (7)$$

где $P_р$ — предельная для данного конденсатора реактивная мощность, *вар*; f — частота переменного тока, *гц*; C — емкость конденсатора, *ф*.

ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИЕ КОНДЕНСАТОРЫ

Электролитические конденсаторы представляют собой особый тип конденсаторов, существенно отличающихся по своей конструкции, технологии и электрическим свойствам от конденсаторов других типов. В электролитическом конденсаторе диэлектриком служит тонкая оксидная пленка, электрохимически образованная на алюминиевом или танталовом аноде, служащем первой обкладкой конденсатора. Второй обкладкой обычно служит электролит, соприкасающийся с оксидной пленкой. В настоящее время наряду с электролитом успешно применяются некоторые типы твердых полупроводников.

Электролитические конденсаторы, так же как и оксидно-полупроводниковые, по своей природе полярны и могут работать только в цепях постоянного тока. Положительный полюс напряжения источника тока должен всегда подключаться к положительному выводу конденсатора — аноду. В случае, если полярность подключения конденсатора будет нарушена, внутри него почти мгновенно нарушается слой диэлектрика (окиси), через конденсатор потечет большой ток, конденсатор начнет греться, что приведет в конце концов к выходу его из строя (иногда это сопровождается взрывом). Электролитические конденсаторы выпускают с большими диапазонами по емкости, от десятых долей микрофарады до десятков тысяч микрофарад (рис. 2), и напряжением от 3 до 500 *в* (рис. 3).

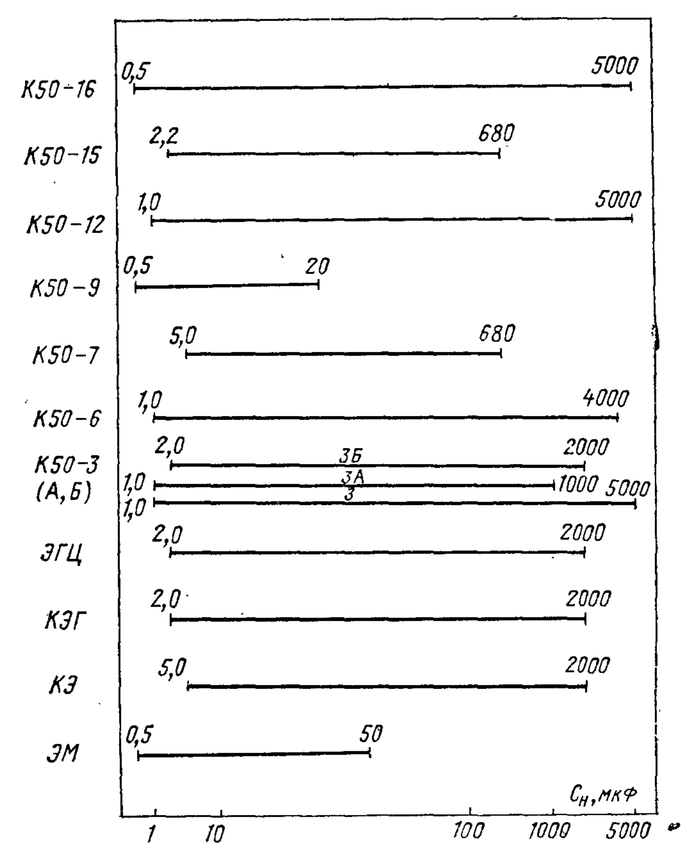


Рис. 2. Диапазоны номинальных емкостей электролитических конденсаторов.

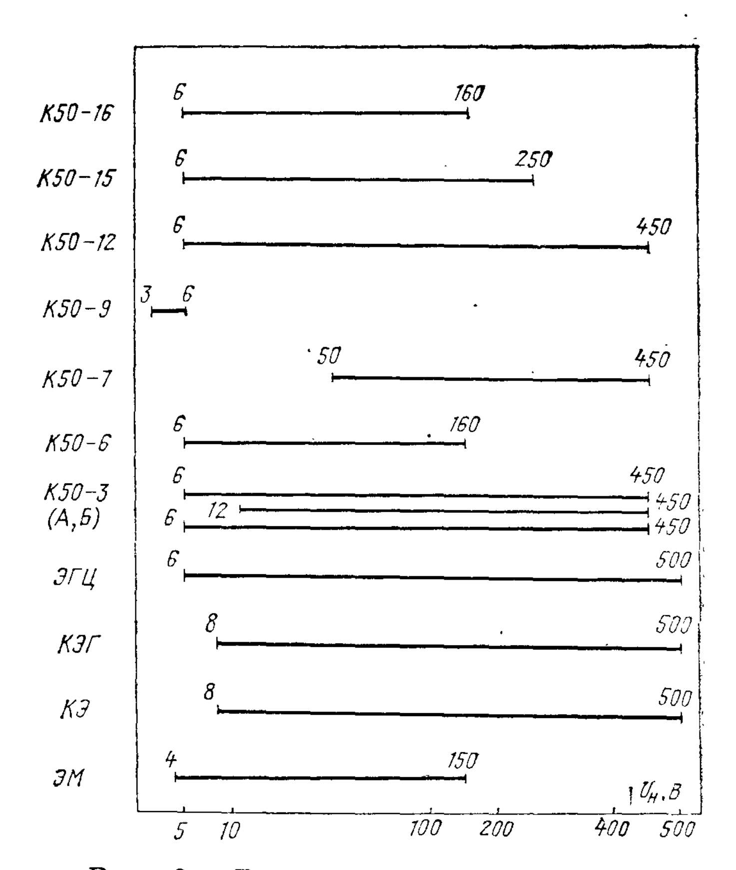


Рис. 3. Диапазоны номинальных напряжений электролитических конденсаторов.

По конструкции, виду диэлектрика и катода различаются следующие три основных типа электролитических конденсаторов: электролитические алюминиевые, у которых анодные и катодные пластины изготавливают из гладкой или травленой алюминиевой фольги; электролитические танталовые — анодом у которых служит тантал; оксидно-полупроводниковые — анодом в настоящее время служит тантал, ниобий или алюминий.

ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИЕ АЛЮМИНИЕВЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ

Наряду с новыми типами конденсаторов в ранних разработках широковещательной и специальной радиоаппаратуры еще применяются такие типы конденсаторов, как КЭ, ЭГЦ, ЭМ и другие модификации, разработанные в 50-х годах. Наибольшее распространение из перечисленных конденсаторов получили конденсаторы типа КЭ. Конструктивно конденсаторы КЭ выполнены в виде цилиндрического алюминиевого стакана. Внутри стакана размещена секция, состоящая из анода и катода с закрепленными на них выводами и разделенных в зависимости от номинального напряжения двумя или тремя слоями тонкой конденсаторной бумаги, пропитанной электролитом.

Катодный вывод прижат или приварен к корпусу конденсатора и является одновременно отрицательным полюсом конденсатора. Анодный вывод конденсаторной секции через изолирующую гетинаксовую прокладку приклепывается к наружному контактному лепестку. Конденсаторы КЭ имеют три конструктивные разновидности; КЭ-1а, КЭ-1б и КЭ-2. Причем КЭ-2 делятся на два типа — одинарный и блочный, выполненный в виде двух конденсаторов, смонтированных в одном корпусе

В зависимости от морозостойкости конденсаторы разбиты на четыре группы, обозначаемые ОМ, ПМ, М и Н (ОМ — особо морозоустойчивые, —60°; ПМ — повышенной морозоустойчивости, —50 °С; М — морозоустойчивые, —40 °С; Н — неморозоустойчивые, —10 °С). Группа морозоустойчивости маркируется на конденсаторе после названия его типа. Например, КЭ-2-Н или КЭ-2-ОМ.

Конденсаторы КЭ-1а в аппаратуре крепятся за корпус скобой. У конденсатора КЭ-1б в нижней части стакана приварены фланцы с отверстиями, при помощи которых они крепятся. Конденсаторы КЭ-2 крепятся в аппаратуре с помощью гайки и резьбы, расположенной в верхней части стакана.

Корпуса конденсаторов КЭ-1 в зависимости от номинальной емкости или напряжения изготовляются семи размеров с диаметром от 16 до 34 *мм* и высотой от 25 до 104 *мм*. Корпуса КЭ-2 (одинарные) имеют пять размеров — диаметры от 21 до 34 *мм* и высота от 30 до 104 *мм*. Блочные бывают только трех размеров — диаметром от 34 до 40 *мм* и высотой от 59 до 106 *мм*.

Конденсаторы КЭ включают в себя 84 типономинала с емкостью от 5 до 2 000 *мкф* и напряжением от 8 до 500 *в*. Предназначены для работы в цепях постоянного и пульсирующего тока. Верхний положительный интервал температур до +60 °С. При предельных положительных температурах емкость конденсаторов может изменяться от величины, маркированной на конденсаторе, на 15% для групп ОМ и на 30% для групп М и Н.

Ток утечки конденсаторов групп ОМ и М при нормальных условиях может быть вычислен по формуле

$$I \leqslant CU \cdot 10^{-4} + m, \text{ ма},$$

где C — номинальная емкость, *мкф*; U — номинальное напряжение, *в*; m — величина, равная 0,2 *ма* — для емкостей, не превышающих 5 *мкф*, 0,1 *ма* — для емкостей до 50 *мкф*, 0 *ма* — для емкостей более 50 *мкф*.

Ток утечки конденсаторов группы Н с номинальным напряжением 200—300 *в* не должен превышать 1,5—2,0 *ма* и 1,5—2,2 *ма* для конденсаторов с напряжением 350—450 *в*.

При работе конденсаторов в цепях пульсирующего тока амплитуда напряжения переменной составляющей частоты 50 *гц* с учетом групп морозоустойчивости и в зависимости от номинальной емкости и напряжения может колебаться от 5 до 25%. При повышении частоты до 100 *гц* значение переменной составляющей напряжения должно быть снижено в 2 раза. Сумма амплитуды напряжения переменной составляющей и величины напряжения постоянного тока не должна превышать величины номинального напряжения, маркированного на конденсаторе.

Конденсаторы КЭ при нормальных условиях могут храниться 2 года. Однако перед установкой их в аппаратуру они должны подвергаться подформовке, т. е. подключаться под номинальное напряжение на 60 *мин* при хранении до 12 мес. и на 180 *мин* при хранении свыше 12 мес. Срок службы конденсаторов 1 000 *ч*.

Для длительной эксплуатации и хранения в условиях высокой влажности и пониженного давления окружающей среды выпускаются конденсаторы в герметизированных корпусах типов ЭГЦ и КЭГ. Конденсаторы типа ЭГЦ по конструкции, способу крепления и электрическим характеристикам аналогичны конденсаторам КЭ. Имеют две группы морозоустойчивости — ОМ и М. Шкала номинальных напряжений от 6 до 500 *в*. Конденсаторы ЭГЦ работоспособны при совместном воздействии относительной влажности воздуха до 98% и температуры +40 °С, в то время как конденсаторы КЭ могут работать только при 80% влажности и температуре +25 °С.

В настоящее время такие конденсаторы, как КЭ, ЭМ, ЭГЦ и КЭГ, в новых разработках радиоэлектронной аппаратуры использовать не рекомендуется. Они намечены к снятию с производства как морально устаревшие и замене новыми, современными конденсаторами. К ним относятся конденсаторы типов К50-3(А, Б), К50-6, К50-7, К50-9, К50-12, К50-15, К50-16 и ряд других с алюминиевыми и с танталовыми анодами, наиболее современные из которых приведены в настоящей брошюре.

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА К50-6

Конденсаторы типа К50-6 (рис. 4) были разработаны в основном для широковещательной аппаратуры и, в частности, для транзисторных приемников и телевизоров. Конденсаторы К50-6 по своим электрическим параметрам и габаритам выгодно отличаются от других аналогичных конденсаторов. Так, например, корпус конденсаторов типа ЭМ на рабочее напряжение 15 *в* и номинальную емкость 10 *мкф* имеет диаметр 6 *мм* и длину 20 *мм*, конденсатор К50-6 на рабочее напряжение 15 *в* и номинальную емкость 10 *мкф* при диаметре 6 *мм* имеет длину корпуса 13 *мм*.

Конденсаторы К50-6 разработаны в трех конструктивных вариантах (рис. 5). Конденсаторы варианта I и II с проволочными выводами предназначены для схем с печатным монтажом. Конденсаторы самых больших размеров (вариант III) емкостью 2 000 и 4 000 *мкф* на номинальные напряжения 10, 15 и 25 *в* и емкостью 1 000 *мкф* на номинальное напряжение 25 *в* имеют лепестковые выводы и при монтаже крепятся за корпус с помощью хомута.

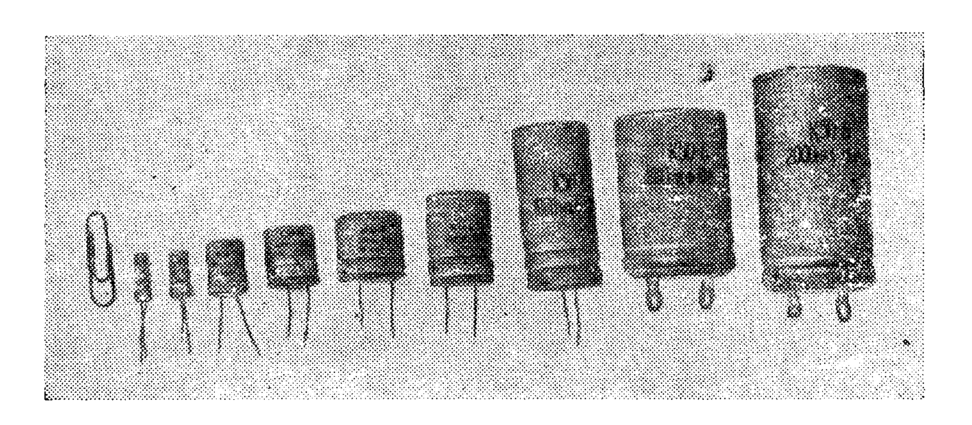


Рис. 4. Конденсаторы типа К50-6.

Основой конденсатора является секция, сборка которой представлена на рис. 6.

На специальную конденсаторную бумагу *1* накладывается полоса неоксидированной травленой фольги *2*, которая является катодом конденсатора. На катодную фольгу накладывается второй слой конденсаторной бумаги *3* и на нее оксидированная фольга — анод конденсатора *4*. К анодной и катодной фольгам прикладываются алюминиевые полоски — оксидированный вывод *5* и неоксидированный *6*, после чего путем безындукционной намотки анод и катод сворачи-

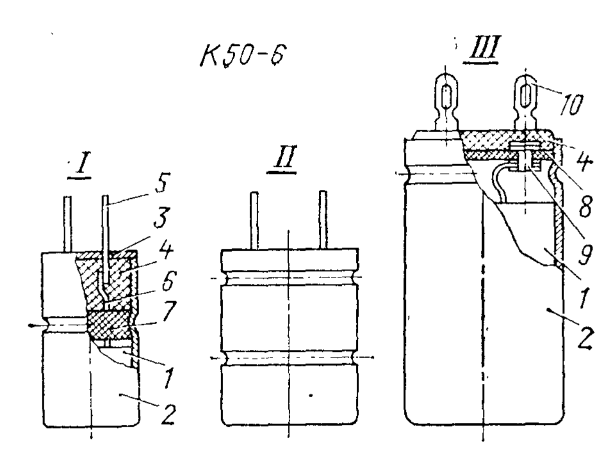


Рис. 5. Устройство электролитического конденсатора.

1 — секции конденсатора; *2* — алюминиевые корпуса; *3* — гетинаксовая прокладка; *4* — эпоксидная смола; *5* — проволочные выводы; *6* — алюминиевые полоски; *7* — резиновая прокладка; *8* — пластмассовая крышка; *9* — пустотелые заклепки; *10* — лепестковые выводы.

ваются в цилиндрическую секцию. Выводы обоих обкладок могут быть или в начале или в конце секции.

Аноды и катоды конденсаторов изготовляют из травленой алюминиевой фольги толщиной 50—80 *мкм*. Электролитическое травление алюминиевой фольги позволяет увеличить активную поверхность ее в 7—12 раз.

Секции конденсаторов *1*, предварительно пропитанные электролитом, устанавливают в алюминиевые корпуса *2* (рис. 5), имеющие соответствующие изоляционные покрытия. Герметизация корпуса конденсатора достигается установкой резиновой *7* и гетинаксовой *3* прокладок, которые заливаются специальными составами на основе

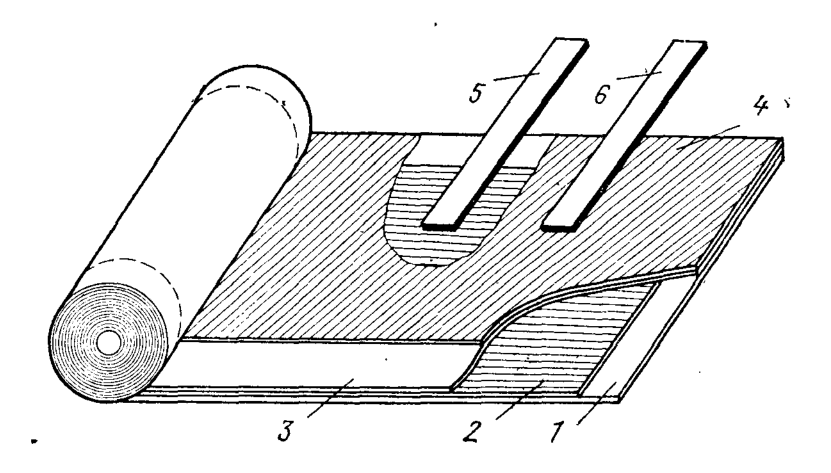


Рис. 6. Секция конденсатора.

1, *3* — конденсаторная бумага; *2* — неоксидированная травленая фольга (катод); *4* — оксидированная фольга (анод); *5*, *6* — алюминиевые полоски (выводы).

эпоксидной смолы *4*. Конденсаторы вариантов I и II имеют гибкие проволочные выводы *5*, которые крепятся к алюминиевым полоскам *6*. Конденсаторы варианта III имеют лепестковые выводы *10*, закрепленные на пластмассовой крышке *8* пустотелыми заклепками *9*.

При соединении двух электролитических конденсаторов положительными или отрицательными выводами можно получить неполярный конденсатор. Неполярные конденсаторы К50-6 по конструкции отличаются от полярных тем, что вместо катодной фольги в секции закладывается вторая анодная пластина. Емкость неполярного конденсатора равна емкости двух последовательно соединенных оксидных слоев. Однако от обычной схемы последовательного соединения такой конденсатор отличается тем, что каждый оксидный слой попеременно находится под полным рабочим напряжением. В связи с этим у неполярных конденсаторов при том же номинальном напряжении, что и у полярных, и при равной площади использованной фольги емкость в 2 раза меньше.

Неполярные конденсаторы используют в цепях со знакопеременным напряжением при условии, что это напряжение будет значительно ниже номинального.

Конденсаторы предназначены для работы в цепях постоянного и пульсирующего токов. Диапазон емкости и напряжений конденсаторов, а также их масса и габаритные размеры приведены в табл. 3.

Таблица 3

Конденсаторы К50-6

Номинальное напряжение, *в*	Номинальная емкость, *мкф*	Размеры, *мм*		Масса, *г*
		Диаметр	Высота	
6	50	7,5	13	1,4
	100	10,5	15	2,5
	200	14,0	16	5,5
	500	18,0	18	8,5
10	10	6	13	0,8
	20	7,5	13	1,4
	50	10,5	15	2,5
	100	12	16	4,0
	200	16	18	6,5
	500	18	25	12
	1 000	18	45	25
	2 000	24	45	40
	4 000	30	45	60
15	1	4	13	0,6
	5	6	13	0,8
	10	6	13	0,8
	20	7,5	13	1,4
	30	7,5	13	1,4
	50	10,5	18	3,5
	100	12	18	4,5
	200	16	18	6,5
	500	18	25	12
	1 000	21	45	35
	2 000	26	60	55
	4 000	30	60	70
25	1	4	13	0,6
	5	7,5	13	1,4
	10	7,5	13	1,4
	20	10,5	15	2,5
	50	14	18	6
	100	16	18	6,5
	200	18	18	8,5
	500	18	45	25
	1 000	30	45	60
	2 000	30	60	70
	4 000	34	75	120
50	1	6	13	0,8
	2	6	13	0,8
	5	7,5	13	1,4
	10	10,5	15	2,5
	20	12	16	4
	50	18	18	8,5
	100	18	25	12
	200	18	45	25

Номинальное напряжение, *в*	Номинальная емкость, *мкф*	Размеры, *мм*		Масса, *г*
		Диаметр	Высота	
100	1	6	13	0,8
	2	6	18	1,2
	5	7,5	18	2,0
	10	12	18	4,5
	20	14	18	5,5
160	1	6	18	1,2
	2	7,5	18	2,0
	5	12	18	4,5
	10	16	18	6,5
15*	5	6	18	1,2
	10	7,5	18	2,0
	20	10,5	18	3,5
	50	16	18	6,5
25*	10	10,5	18	3,5

*Кснденсаторы неполярны.

Действительные емкости конденсаторов в нормальных условиях (температура окружающей среды $+20\pm5\,^{\circ}$C) могут отличаться от обозначенных на них номинальных емкостей на $-20\div+80\%$. При работе конденсаторов в цепях пульсирующего тока частотой 50 *гц* амплитуда напряжения переменной составляющей не должна превышать значений, указанных в табл. 4, а сумма амплитуды и величины постоянной составляющей напряжения должна быть не более номинального напряжения. При использовании полярных конденсаторов на частотах пульсации свыше 50 *гц* (до 20 *кгц*) допустимая амплитуда напряжения переменного тока должна уменьшаться обратно пропорционально частоте.

Ток утечки конденсаторов К50-6 существенно меньше, чем у конденсаторов ЭМ, и в нормальных условиях не должен превышать величины, вычисленной по формуле

$$I=0{,}05CU+3 \text{ мка},$$

где I — ток утечки, *мка*; C — номинальная емкость, *мкф*; U — номинальное напряжение, *в*.

Однако ток утечки не должен превышать 1,5 *ма* для $CU\leqslant 40\,000$ и 3 *ма* для $CU>40\,000$.

Максимально допустимое значение тангенса угла потерь в нормальных условиях для конденсаторов с номинальным напряжением 6—25 *в* $\leqslant 0{,}35$, с напряжением 50, 100 *в* $\leqslant 0{,}25$, с напряжением 160 *в* $\leqslant 0{,}15$.

Конденсаторы рассчитаны на работу в диапазоне температур от —10 до $+70\,^{\circ}$C, при атмосферном давлении 720—780 *мм рт. ст.* и относительной влажности воздуха до 98% при $+40\,^{\circ}$C. Они могут выдерживать ударные нагрузки с ускорением до 12 *g* и вибрации в диапазоне частот от 5 до 80 *гц* с ускорением 2,5 *g*.

Гарантийный срок службы конденсаторов при выполнении ТУ на них составляет 5 000 *ч.*

Таблица 4

Конденсаторы К50-6

Номинальная емкость, *мкф*	Номинальное напряжение, *в*	Амплитуда напряжения переменной составляющей 50 *гц*, % от допустимого напряжения
50—200 10—100 1—50 1—20	6 10 15 25	25
500 200—1 000 100—1 000 50—200 1—20	6 10 15 25 50	20
2 000 500—1 000 50—200 1—5	10 и 15 25 50 100	15
2 000 10—20 1—10	25 100 160	10
4 000	10—25	5

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА К50-7

Конденсаторы типа К50-7 дополняют серию малогабаритных алюминиевых электролитических конденсаторов в диапазоне от 160 до 450 *в*, которая по своим электрическим характеристикам и габаритам находится на уровне зарубежных аналогов. Общий вид конденсаторов показан на рис. 7. Конденсаторы включают в себя 38 типономиналов, из них 26 одиночных и 12 блоков. Диапазон емкостей 5—500 *мкф,* диапазон рабочих напряжений для одиночных конденсаторов 160—450 *в*, для блоков 50—450 *в*.

Конструкция секции конденсатора К50-7 принципиально не отличается от конструкции конденсаторов К50-6. Анодной обкладкой конденсатора служит алюминиевая фольга высокой чистоты и глубокого травления Катодом является алюминиевая фольга толщиной 16 *мкм.* Для конденсаторов на рабочее напряжение $U_{раб}=50$ *в* катодом служит фольга толщиной 100 *мкм*, так как это позволяет увеличить стабильность конденсатора при эксплуатации.

Анод и катод секции с закрепленными на них выводами, разделенные в зависимости от номинального напряжения двумя или тремя слоями тонкой конденсаторной бумаги, путем безындукционной намотки сворачивают в виде цилиндра. Затем секции пропитывают ра-

бочим электролитом, монтируют в цилиндрический алюминиевый корпус и уплотняют крышками. Резьбовая головка крышки обеспечивает возможность крепления конденсаторов на шасси аппаратуры с помощью гайки.

При эксплуатации электролитического конденсатора ток, протекающий через электролит, приводит к выделению газов, скопление которых в свою очередь повышает давление внутри конденсатора до опасных значений. Для предотвращения взрыва конденсатора в дне корпуса его имеется клапан, представляющий собой резиновую пробку диаметром 4,3 *мм*, вставленную в отверстие.

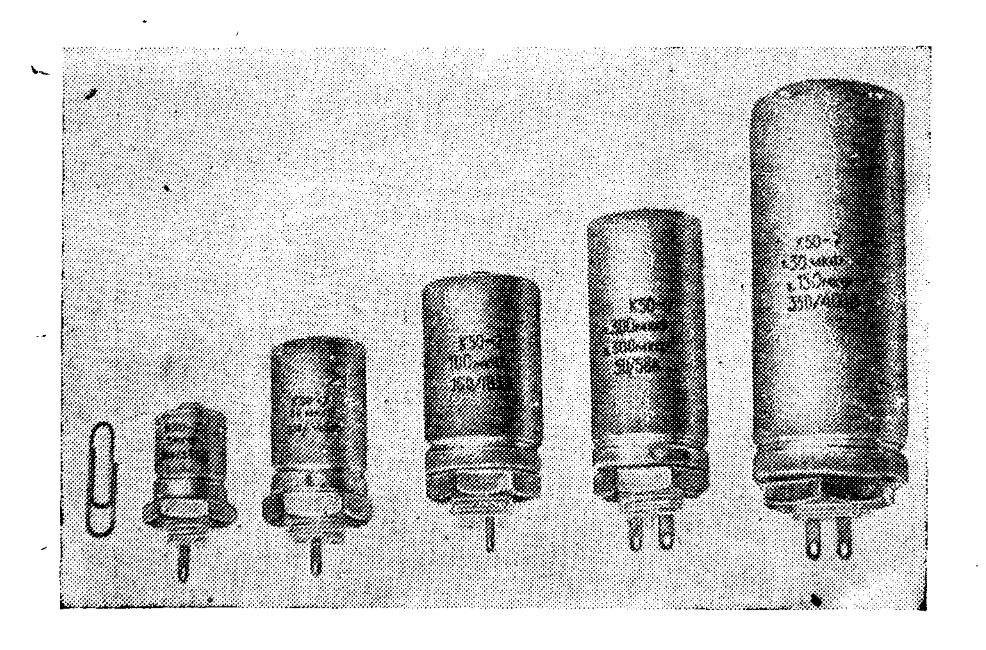


Рис. 7. Конденсаторы типа К50-7.

Конденсаторы выпускают в нормальном и тропическом исполнениях. Они предназначены для работы в цепях постоянного и пульсирующего токов, главным образом в сглаживающих фильтрах выпрямителей.

Номинальные напряжения конденсаторов К50-7, номинальные емкости, габаритные размеры, масса приведены в табл. 5. Конденсаторы выпускают с допустимыми отклонениями действительной емкости от номинальной +80% ÷ —20%.

Для конденсаторов К50-7, кроме номинального напряжения, регламентируется также «пиковое» напряжение; это такое напряжение постоянного тока, которое конденсатор может выдержать в течение ряда периодов длительностью не более 30 *сек* при условии, что интервалы между этими периодами будут не менее 5 *мин*. Подобные напряжения испытывают конденсаторы сглаживающих фильтров выпрямителей ламповых сетевых приемников сразу после включения их в сеть в период разогрева электронных ламп.

В табл. 6 приведены значения амплитуд напряжения переменной составляющей пульсирующего тока частоты 50 *гц*, при которой могут быть использованы конденсаторы, при этом для предотвращения их перегрева амплитуда напряжения переменной составляющей не

Таблица 5

Конденсаторы К50-7

Номинальное напряжение, *в*	Пиковое напряжение, *в*	Номинальная емкость, *мкф*	Размеры, *мм*		Масса, *г*
			Диаметр	Высота	
50	58	100+300 300+300	26 26	45 60	45 60
160	185	20 50 100 200 500	16 21 26 26 30	28 35 45 60 80	13 25 45 60 90
250	290	10 20 50 100 200 100+100 150+150	16 19 26 26 30 30 34	28 28 45 60 80 80 90	13 18 45 60 90 90 125
300	345	5 10 20 50 100 200 50+50 100+100	16 16 21 26 26 30 26 30	20 28 35 45 60 80 60 80	10 13 25 45 60 90 60 90
350	400	5 10 20 50 100 20+20 50+50 30+150	16 19 21 26 30 26 30 34	28 28 35 60 60 45 80 90	13 18 25 60 75 45 90 125
450	495	5 10 20 50 100 10+10 20+20 50+50	19 21 26 26 30 26 26 34	28 35 45 60 80 45 60 90	18 25 45 60 90 45 60 125

должна превышать величины напряжения постоянного тока, а сумма амплитуды напряжения переменной составляющей и величины постоянного тока не должна превышать величины допустимого номинального напряжения. При использовании конденсаторов в цепях с частотой выше 50 *гц* амплитуда напряжения переменной составляющей должна уменьшаться, как и у всех электролитических конденсаторов, обратно пропорционально частоте.

Таблица 6

Конденсаторы К50-7

Номинальная емкость, *мкф*	Номинальное напряжение, *в*	Амплитуда переменной составляющей от номинального напряжения, %
5	300	20
	350	15
	450	15
10	250	20
	300	20
	350	15
	450	15
20	160	20
	250	20
	300	15
	350	10
	450	10
50	160	20
	250	15
	300	10
	350	5
	450	5
100	160	15
	250	10
	300	7
	350	5
	450	5
200	160	15
	250	10
	300	7

Номинальная емкость, *мкф*	Номинальное напряжение, *в*	Амплитуда переменной составляющей от номинального напряжения, %
500	160	10
10+10	450	10
20+20	350	10
	450	5
30+150	350	5
50+50	300	10
	350	10
	450	5
100+100	250	10
	300	7
150+150	250	10
300+100	50	20
300+300	50	15

Ток утечки конденсаторов К50-7, используемых в нормальных условиях, значительно меньше, чем у общеизвестных конденсаторов КЭ, и может быть вычислен по формуле

$$I_{ут} = 0{,}05CU + 30 \text{ мка},$$

где $I_{ут}$ — ток утечки, *мка*; C — номинальная емкость, *мкф*; U — номинальное напряжение, *в*. При этом ток утечки должен быть не более 1,5 *ма* для $C \leqslant 40\,000$ и 3 *ма* для $CU > 40\,000$.

Тангенс угла потерь у конденсаторов с номинальным напряжением 50 *в* не превышает 0,25; у конденсаторов с номинальным напряжением 160—450 *в* не превышает 0,15. При креплении конденсаторов в аппаратуре с помощью гайки они могут выдерживать вибрации в диапазоне частот от 5 до 80 *гц* или многократные удары с ускорением до 15 *g*. Срок службы конденсаторов К50-7 — 5 000 *ч*.

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА К50-9

В связи с тенденцией к микроминиатюризации аппаратуры и применения в ней миниатюрных активных элементов возникла необходимость в создании ряда миниатюрных пассивных элементов, удовлетворяющих современным требованиям. К таким элементам

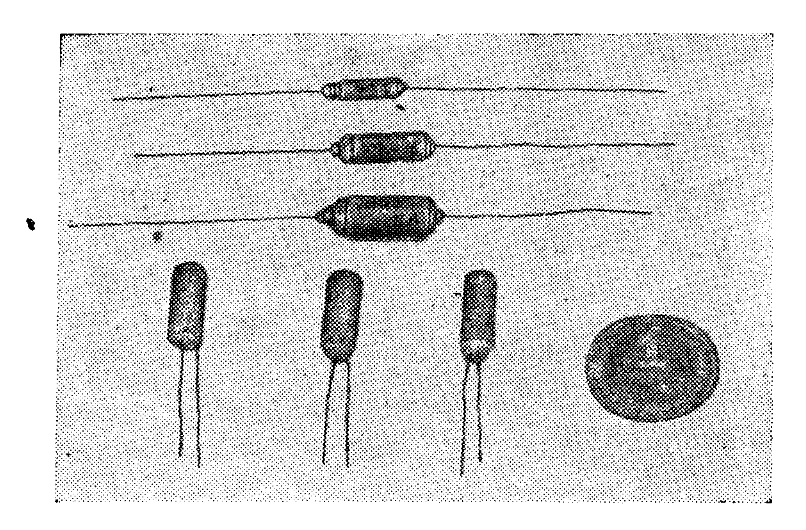


Рис. 8. Конденсаторы типа К50-9.

можно отнести и алюминиевые электролитические конденсаторы типа К50-9 (рис. 8), которые нашли широкое применение в слуховых и других аппаратах, размеры которых должны быть сведены до минимума.

Конденсаторы К50-9 выпускают 12 типономиналов, напряжением 3 и 6 *в* и емкостью от 0,5 до 20 *мкф*. Диапазон рабочих температур от —20 до +60 °С. Номинальные емкости конденсаторов, номинальные напряжения, размеры и масса приведены в табл. 7.

Конденсаторы по конструкции изготавливаются двух видов — с однонаправленными и разнонаправленными проволочными выводами, в нормальном и тропическом исполнении. Они предназначены для работы в цепях постоянного и пульсирующего тока. При работе конденсаторов в цепи пульсирующего тока амплитуда напряжения переменной составляющей частоты 50 *гц* не должна превышать 20% от номинального напряжения. Допустимое отклонение действительной емкости от номинальной составляет от —10 до +100%. Кроме того, при крайней отрицательной температуре —20 °С емкость кон-

денсатора может отличаться от действительной величины до —50%, а при крайней положительной температуре — не более 35—40%. При креплении конденсаторов за выводы они выдерживают вибрации в диапазоне частот от 5 до 80 *гц* с ускорением до 4 *g*.

Срок службы при использовании в интервале температур от —10 до +50 °С составляет 2 000 *ч* и 1 000 *ч* при температуре от +50 до +60 °С. Срок хранения конденсатора 2 года.

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА К50-16

Конденсаторы типа К50-16 аналогичны конденсаторам типа К50-6, за исключением некоторых особенностей. Основным достоинством конденсаторов К50-16 (рис. 9) является то, что их габаритные размеры в сравнении с конденсаторами К50-6 при тех же номинальных напряжениях и емкостях уменьшены на 20—30%. Серия этого типа конденсаторов включает в себя 62 номинала на рабочее напряжение от 6,3 до 160 *в* и емкость от 0,5 до 5 000 *мкф* с допускаемым отклонением дей-

Таблица 7

Конденсаторы К50-9

Номинальное напряжение, *в*	Номинальная емкость, *мкф*	Размеры, *мм*		Масса, *г*
		Диаметр*	Длина	
3	0,5 1 2	2,3; 2,9	11	0,25
6	0,5 1			
3	5 10	3; 3,6	14	0,3
6	2 5			
3	20	4,5; 5,5		0,5
6	10 20			

* Значения диаметра изменяются в зависимости от конструктивного оформления конденсатора.

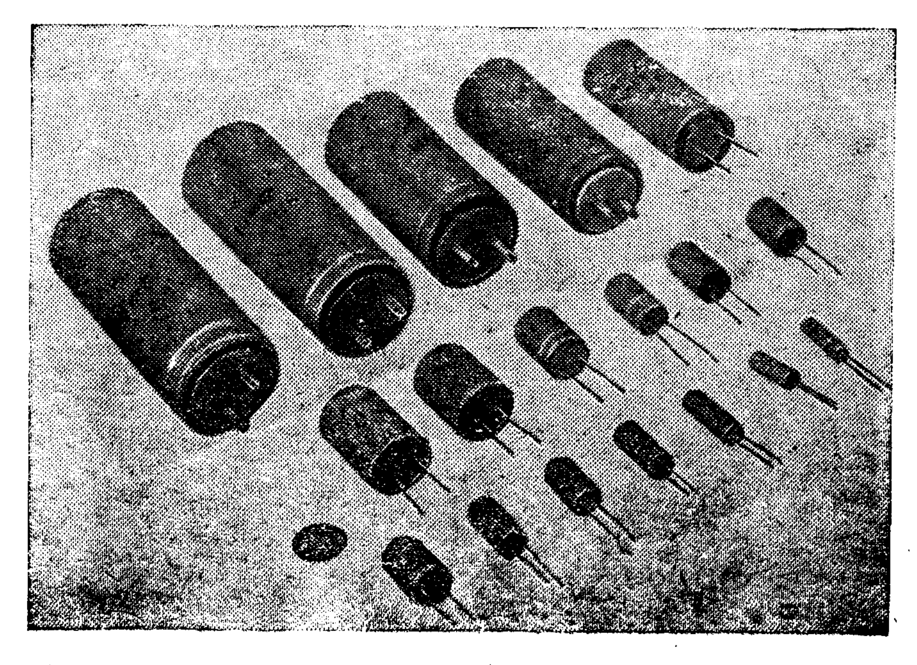


Рис. 9. Конденсаторы типа К50-16.

Таблица 8

Конденсаторы К50-16 с проволочными выводами

Номинальное напряжение, *в*	Номинальная емкость, *мкф*	Размеры, *мм*		Масса, *г*
		Диаметр	Высота	
6,3	20	4	13	0,6
	30	6		0,8
	50			
	100	7,5	15	1,7
	200	10,5	13	2,3
	500	12	16	4,0
10	10	4	13	0,6
	20	6		0,8
	30			
	50		18	1,2
	100	10,5	13	2,3
	200		15	2,3
	500	12	18	4,5
	2 000	18	26	12
16	5	4	13	0,6
	10	6		0,8
	20			
	30	7,5		1,4
	50		15	1,7
	100	10,5	13	2,3
	200	12	16	4
	500	14	18	6
	1 000	16	26	8
	2 000	18	45	25
25	2	4	13	0,6
	5	6		0,8
	10	6		0,8
	20	7,5		1,4
	30		15	1,7
	50	10,5	13	2,3
	100	12	16	4,0

Номинальное напряжение, *в*	Номинальная емкость, *мкф*	Размеры, *мм*		Масса, *г*
		Диаметр	Высота	
25	200 500 1 000	16 18	18 26 45	6,5 12 25
50	2 5 10 20	4 6 7,5 10,5	13	0,6 0,8 1,4 2,3
	50	12	18	4,5
	100 200	16 18	26	8,0 12
	500	21	45	35
100	0,5	4	13	0,6
	1 2	6		0,8
	5 10	7,5 10,5	15	1,7 2,5
	20 30	12 14	18	4,5 6,0
	50	16	26	8,0
160	1	6	18	1,2
	2 5	7,5 10,5	15	1,7 2,5
	10 20	14 18	18	6,0 8,5

ствительной емкости от номинальной (маркированной на конденсаторе) на —20÷+80%. Причем допускается изменение емкости конденсаторов от действительной величины до 35% при использовании их при крайней положительной температуре. Основные электрические параметры и габариты для конденсаторов с проволочными выводами приведены в табл. 8 и с лепестковыми в табл. 9.

Так же как и конденсаторы типа К50-6, они выполнены в трех конструктивных вариантах. Два варианта конденсаторов с диаметром корпуса от 4 до 18 *мм* имеют проволочные, однонаправлённые выводы со строго заданными базовыми размерами и могут быть исполь-

Таблица 9

Конденсаторы К50-16 с лепестковыми выводами

Номинальное напряжение, *в*	Номинальная емкость, *мкф*	Размеры, *мм*		Масса, *г*
		Диаметр	Высота	
16	5 000	24	45	40
25	2 000	24	45	40
	5 000	30	60	70
	10 000	34	87	150
50	1 000	26	60	55
	2 000	30	60	70

зованы в платах с печатным монтажом. Третий вариант конденсаторов с лепестковыми выводами при монтаже в аппаратуре должен крепиться за корпус.

Аноды конденсаторов изготавливают из травленой алюминиевой фольги высокой чистоты. В качестве катода использована гладкая алюминиевая фольга. Секции конденсаторов, состоящие из анода, катода и разделяющей их прокладки, предварительно пропитанные электролитом, вмонтированы в алюминиевые корпуса, имеющие изоляционное покрытие.

Конденсаторы изготавливают нормального и тропического исполнения Тропическое исполнение отличается от нормального тем, что имеет защитную окраску корпуса.

Конденсаторы типа К50-16 работоспособны при температуре окружающего воздуха от —20 до +70 °С, однако могут работать и при температуре +85 °С в течение 500 *ч*. При этом рабочее напряжение должно быть снижено до 35% от номинального. При работе конденсаторов в цепях с пульсирующим напряжением частотой 50 *гц* амплитуда напряжения переменной составляющей в зависимости от номинальной емкости и номинального напряжения конденсатора не должна превышать значений, указанных в табл. 10. На частотах выше 50 *гц* до 20 *кгц* амплитуда напряжения переменной составляющей определяется по формуле

$$U_f = \frac{50}{f} U_{f50},$$

где U_f — амплитуда переменной составляющей при заданной частоте; U_{f50} — амплитуда переменной составляющей при частоте 50 *гц*; f — частота пульсирующего тока.

Тангенс угла потерь должен быть не более 35% для конденсаторов на номинальное напряжение 6—25 *в*, 25% — на номинальное напряжение 50—100 *в* и 15% для конденсаторов на номинальное напряжение 160 *в*.

Ток утечки может быть вычислен по эмпирической формуле

$$I_{ут} = 0{,}05CU + 3,$$

где $I_{ут}$ — ток утечки, *мка*; C — номинальная емкость, *мкф*; U — номинальное напряжение, *в*, и не должен быть более 1,5 *ма* при

Таблица 10

Конденсаторы К50-16

Номинальное напряжение, *в*	Номинальная емкость, *мкф*	Амплитуда напряжения переменной составляющей частоты 50 *гц* от номинального напряжения, %
6,3 10 16 25	20 10 5 2	20
6,3 10 25 50	30, 100 20, 50 5 2	15
6,3 10 16 25 50 100 160	50, 200, 500 30, 100, 200 10, 20, 30, 50, 100 10, 20, 30 5 0,5; 1 1	10
25 100 160	50 2 2	7
10 16 25 50 100 160	500, 2 000 200 100, 200 10, 20, 50 5, 10 5, 10	5
16 25 50 100 160	500, 1 000, 2 000, 5 000 500, 1 000, 2 000, 5 000 100, 200, 500, 1 000, 2 000 20, 30, 50 20	3
25	10 000	2,5

$CU \leqslant 40\,000$ и 3 *ма* при $CU > 40\,000$, если величина тока утечки, вычисленная по формуле, больше указанных величин.

Конденсаторы работоспособны при относительной влажности воздуха 98% и температуре +40 °С. Общий срок службы 5 000 *ч*.

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА К50-15

Некоторые особенности конструкции и применение новых материалов позволили создать алюминиевые электролитические конденсаторы с диапазоном рабочих температур от —60 до +125 °С, которые по своим техническим характеристикам не уступают фольговым танталовым. Разработанная серия конденсаторов К50-15 (рис. 10) включает 42 номинала: 31 — полярного типа и 11 — неполярного. Неполярные конденсаторы допускают периодическое, непродолжительное включение их в цепь переменного тока.

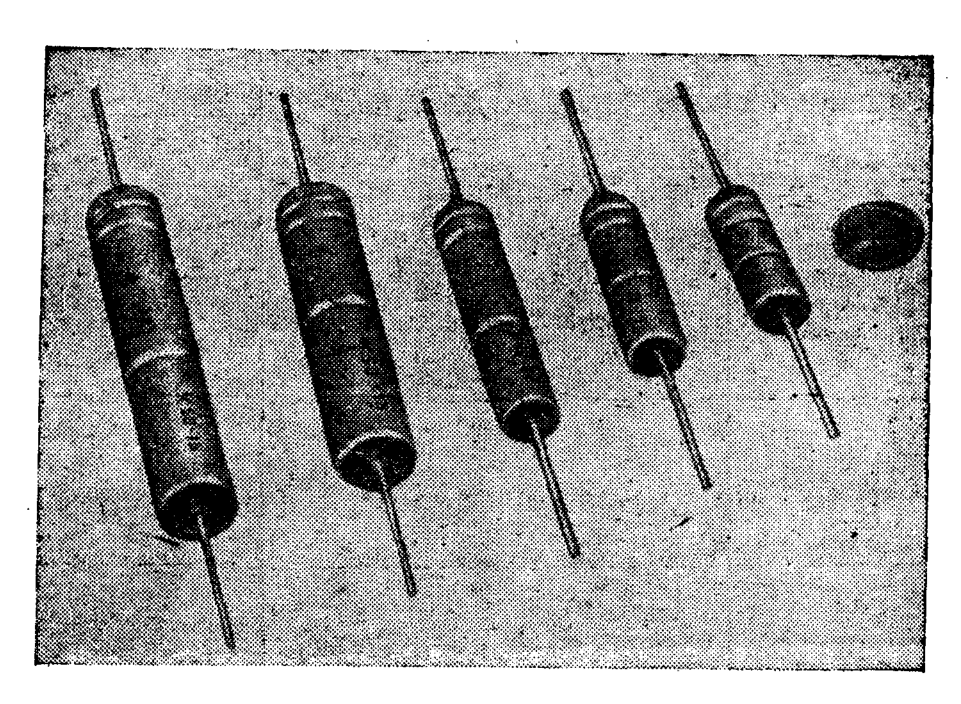


Рис. 10. Конденсаторы типа К50-15.

Емкость неполярного конденсатора равна емкости двух последовательно соединенных оксидных слоев (конденсаторов), т. е. в 2 раза меньше емкости полярного конденсатора, имеющего такую же поверхность анода, какую имеет каждая обкладка неполярного конденсатора.

Полярные конденсаторы выпускают с номинальным напряжением от 6,3 до 250 *в* и номинальной емкостью от 2,2 до 680 *мкф*, неполярные — с номинальным напряжением от 25 до 100 *в* и емкостью от 4,7 до 100 *мкф*. Допускается отклонение действительной емкости от номинальной —20 ÷ +80% для конденсаторов на номинальное напряжение 6,3—50 *в* и —20 ÷ +50% для конденсаторов на номинальное напряжение 100—250 *в*. Основные электрические параметры их и размеры указаны в табл. 11 и 12.

Таблица 11

Конденсаторы К50-15 (полярные)

Номинальное напряжение, *в*	Номинальная емкость, *мкф*	Размеры, *мм*		Масса, *г*
		Диаметр	Длина	
6,3	68	9	28	4
	150 220		35 50	4,5 6,0
	330		60	7
	680	12	60	11
16	47 100	9	28 35	4 4,5
	220		60	7
	470	12	60	11
	680		70	13
25	33 47 100	9	28 35 60	4 4,5 7
	220 330	12	60 70	11 13
50	10 22 47	9	28 50 60	4 6 7
	100	12	70	13
100	4,7 15,0	9	28 50	4 6
	33 47	12	60 70	11 13
160	4,7 10,0	9	35 60	4,5 7,0
	22,0 33,0	12	60 70	11 13
250	2,2 4,7	9	35 50	4,5 6
	10 22	12	60 70	11 13

Основными элементами конструкции конденсаторов являются секции, состоящие из анода, катода, прокладки, пропитанной электролитом, узла уплотнения и корпуса. Анод конденсатора — травленая фольга высокой чистоты. Катод — для конденсаторов на рабочее напряжение до 160 *в* включительно используется травленая алюминиевая фольга, для конденсаторов на рабочее напряжение 250 *в* — гладкая алюминиевая фольга толщиной 16 *мкм*.

Таблица 12

Конденсаторы К50-15
(неполярные)

Номинальное напряжение *в*	Номинальная емкость, *мкф*	Размеры, *мм*		Масса, *г*
		Диаметр	Длина	
100	4,7	9	52	6
	6,8		63	7
	22	12	73	13
50	10	9	52	6
	22		63	7
	33	12	63	11
	47		73	13
25	22	9	38	5
	47		52	6
	68		63	7
	100	12	63	11

Принципиальной особенностью секции является то, что в отличие от всех предыдущих конденсаторов в качестве прокладки использован натуральный шелк, позволяющий существенно снизить величину тангенса угла потерь и увеличить емкость конденсаторов при отрицательных температурах. После пропитки секций электролитом катодный и анодный выводы точечной сваркой соединяются соответственно с корпусом и узлом уплотнения конденсатора. Секция с приваренным к ней узлом уплотнения монтируется в корпус, завальцовывается и уплотняется так называемыми «зигами». При монтаже в аппаратуру конденсаторы больших размеров должны крепиться за корпус.

Конденсаторы К50-15 предназначены для работы в цепях постоянного и пульсирующего токов. В случае использования их в цепях пульсирующего тока частотой 50 *гц* амплитуда напряжения переменной составляющей не должна превышать от 5 до 20% номинального напряжения для соответствующих групп конденсаторов, указанных в технических условиях. При работе конденсаторов в цепях с частотами пульсации свыше 50 *гц* амплитуда переменной составляющей напряжения должна быть уменьшена обратно пропорционально частоте.

Ток утечки вычисляется по формуле, аналогичной для конденсаторов К50-16: $I_{ут}=0{,}005UC+m$, где $m=10$ при $UC\leqslant1\,000$; $m=8$ при $1\,000<UC\leqslant1\,500$; $m=5$ при $1\,500<UC\leqslant2\,500$; $m=0$ при $UC>2\,500$. Тангенс угла потерь не превышает 25% для конденсаторов на номинальное напряжение 6,3 *в*, 20% для конденсаторов на 16 *в*, 15% для конденсаторов на 25 *в*, 10% для конденсаторов на напряжение от 50 до 250 *в*.

Конденсаторы при жестком креплении за корпус выдерживают вибрационные нагрузки в диапазоне частот от 5 до 3 000 *гц* с ускорением до 15 *g*.

Срок службы конденсаторов, использующихся в интервале температур от —60 до +85 °С, составляет 10 000 *ч* и 2 000 *ч* при температуре свыше 85 °С. Срок хранения 12 лет.

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА К50-14

При разработке цветных телевизоров в целях уплотнения монтажа и в какой-то степени удешевления приемников выявилась необходимость в многосекционных блоках, т. е. конденсаторах, содержащих в одном корпусе несколько емкостей, аналогичных блокам конденсаторов типа К50-7. Основными элементами конструкции, как и

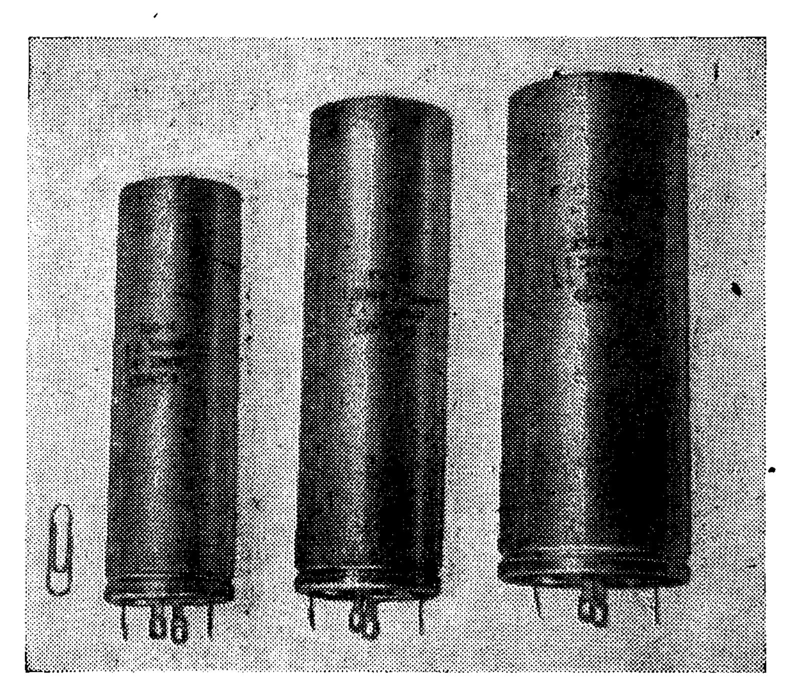


Рис. 11. Конденсаторы типа К50-14.

во всех электролитических алюминиевых конденсаторах, являются секции, состоящие из анода и катода, прокладки между ними, узла уплотнения и корпуса. Анодная лента разделена на четыре отрезка, каждый из которых имеет отдельный вывод. Катод в секции конденсатора — общий. При намотке многосекционных блоков выводы анодов должны быть расположены таким образом, чтобы они равномерно распределялись по торцу секции. Секцию, предварительно пропи-

танную электролитом, устанавливают в алюминиевый корпус, на дне которого для закрепления секции залит расплавленный битум. Смонтированная в корпусе конденсатора секция уплотняется фенопластовой крышкой, которая в свою очередь завальцовывается краями корпуса.

В центре крышки имеется клапан, обеспечивающий взрывобезопасность конденсатора, который состоит из резиновой прокладки, уплотненной наружной шайбой. Общий вид конденсаторов представлен на рис. 11.

Конденсаторы К50-14 предназначены для работы в цепях постоянного и пульсирующего токов. Диапазон емкостей и напряжений конденсаторов, габаритные размеры и их масса приведены в табл. 13.

Таблица 13

Конденсаторы К50-14

<table>
<tr><th rowspan="3">Номинальное напряжение, *в*</th><th rowspan="3">Номинальное пиковое напряжение, *в*</th><th colspan="4">Номинальная емкость, *мкф*</th><th colspan="2">Размеры, *мм*</th><th rowspan="3">Масса, *г*</th></tr>
<tr><th colspan="4">Номера выводов</th><th rowspan="2">Диаметр</th><th rowspan="2">Высота</th></tr>
<tr><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th></tr>
<tr><td>450</td><td>495</td><td>50</td><td>50</td><td>30</td><td>30</td><td>34</td><td>118</td><td>170</td></tr>
<tr><td>350</td><td>400</td><td>200</td><td>100</td><td>50</td><td>50</td><td rowspan="2">40</td><td rowspan="3">138</td><td>250</td></tr>
<tr><td>350</td><td>400</td><td>150</td><td>150</td><td>50</td><td>50</td><td>250</td></tr>
<tr><td>40</td><td>45</td><td>5 000</td><td>5 000</td><td>1 000</td><td>1 000</td><td>50</td><td>360</td></tr>
</table>

Действительная емкость при нормальной температуре может отличаться от номинальной, маркированной на конденсаторе, от —20 до +50%. Для конденсаторов К50-14, как и для конденсаторов типа К50-7, кроме номинального напряжения, регламентируется и пиковое напряжение.

При работе конденсаторов в цепях пульсирующего тока амплитуда напряжения переменной составляющей частоты 50 *гц* не должна превышать 5% для конденсаторов на номинальное напряжение до 350 *в* и 3% для конденсаторов на номинальное напряжение 450 *в*. При использовании конденсаторов на частотах свыше 50 *гц* амплитуда напряжения переменного тока должна уменьшаться обратно пропорционально частоте. Тангенс угла потерь конденсаторов на номинальное напряжение 40 *в* не превышает 35% и 15% для конденсаторов с номинальным напряжением 350 и 450 *в*. Ток утечки конденсаторов для каждого отдельного номинала определяется формулой $I_{ут}=0{,}02CU_н$.

Конденсаторы допускают эксплуатацию их в интервале температур от —10 до +85 °С, относительной влажности воздуха не более 98% при температуре +40 °С и вибрации в диапазоне частот от 5 до 80 *гц* с ускорением до 3*g* при условии жесткого крепления конденсаторов за корпус.

Гарантированный срок службы 5 000 *ч*, срок хранения 5 лет.

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА К50-12

Конденсаторы этого типа являются модернизацией конденсаторов типа К50-3, однако в сравнении с последними они резко отличаются уменьшенными габаритами. Так, например, используемый в настоящее время в телевизорах конденсатор К50-3 на номинальное напряжение 300 *в* и емкостью 100 *мкф* имеет диаметр корпуса 32 *мм* и длину 72 *мм*. Такой же емкости и номинального напряжения конденсатор К50-12 имеет диаметр корпуса 25 *мм* при длине 56 *мм*. Конденсаторы К50-12 выпускают 67 типономиналов емкостью от 1 до 5 000 *мкф* и напряжением от 6 до 450 *в*. Из них три типономинала — блоки. Номинальные напряжения и емкость, а также геометрические размеры и масса приведены в табл. 14.

Конструкция конденсаторов аналогична алюминиевым конденсаторам. В зависимости от размеров и типономиналов выпускают несколько видов (рис. 12); конденсаторы с осевыми, разнонаправленными выводами, подобные конденсаторам ЭМ, крепятся в аппаратуре за выводы, конденсаторы с однонаправленными выводами в схемах с печатным монтажом крепятся за «усики», а в аппаратуре с объемным монтажом за «лопатки», которые вставляют в соответствующие щели, прорезанные в платах, и разворачивают на 90°. Такой вид допускает одноразовое крепление.

Конденсаторы работоспособны при относительной влажности воздуха до 98% при температуре +40 °С. Срок службы их при выполнении требований, оговоренных в ТУ, составляет 5 000 *ч*; срок хранения — 5 лет.

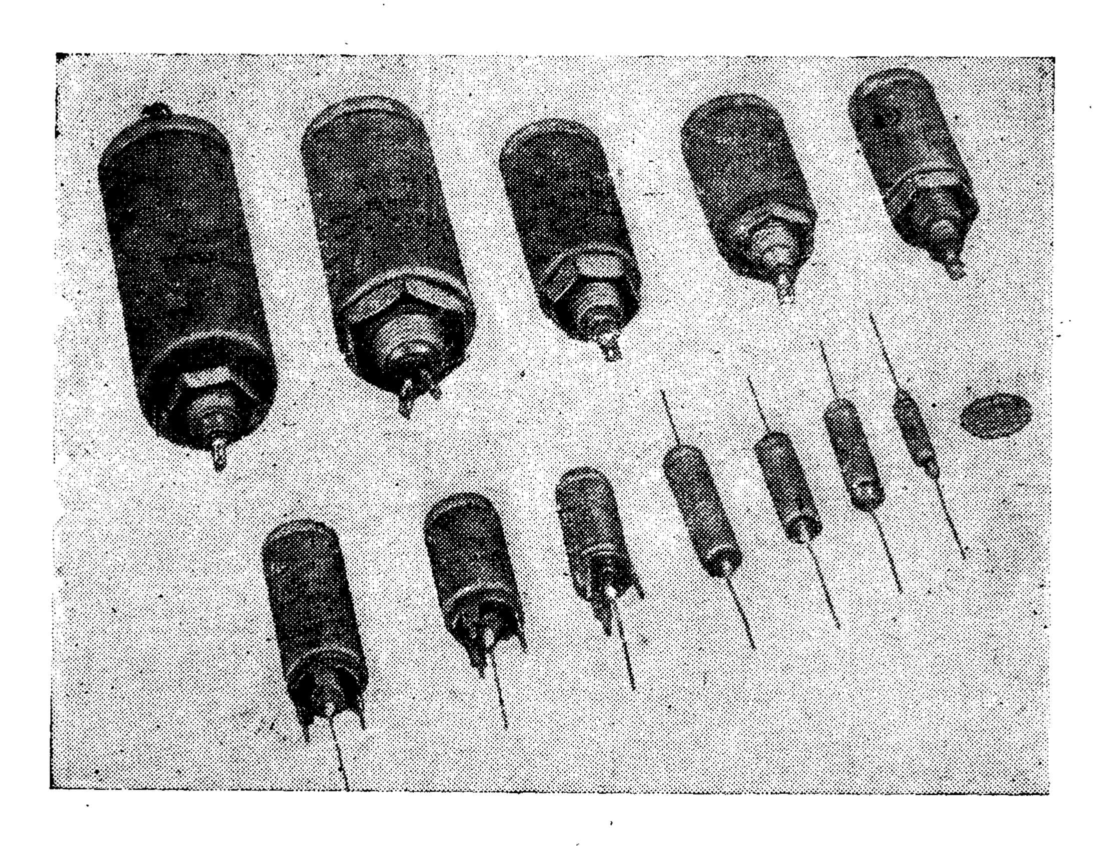


Рис. 12. Конденсаторы типа К50-12.

Таблица 14

Конденсаторы К50-12

Номинальная емкость, *мкф*	Номинальное напряжение, *в*	Размеры, *мм*		Масса, *г*
		Диаметр	Длина	
1	50 100	4,5 4,5	14 19	1,5
2	25 50	4,5	14 19	1,5
	100	6	21,5	2,5
5	12 25	4,5	14 19	1,5
	50 100	6 6	21,5 26,5	2,5
	160	8,5	27	4
	300	12	30	13
10	12	4,5	19	1,5
	25 50	6 6	21,5 26,5	2,5
	100	8,5	27	4
	160	12	30	13
	350 450	17 17	30 42	17
20	12 25	6 6	21,5	2,5
	50	8,5	22	4—8
	100	12	30	
	160 300	17 17	30 42	17
	350 450	21 25	40 40	30 56
30	300	21	40	30
50	6 12 25	6 6 8,5	21,5 26,5 27	2—4

Номинальная емкость, *мкф*	Номинальное напряжение, *в*	Размеры, *мм*		Масса, *г*
		Диаметр	Длина	
50	50	12	30	8—17
	100	17	30	
	160	17	42	
	250	21	40	30
	300	25	40	45—56
	350	25	56	
	450	32	52	68
100	6	6	26,5	2—4
	12	8,5	27	
	25	12	30	8—13
	50	17	30	
	160	25	40	46—56
	250	25	56	
	300	25	56	
150	250	25	56	56—68
	300	32	52	
200	6	8,5	22	4—8
	12	12	30	
	25	17	30	13—17
	50	17	42	
	160	25	56	56—68
	200	32	52	
500	6	12	30	8—17
	12	17	30	
	25	17	42	
1 000	6	17	30	13—17
	12	17	42	
	25	25	40	46
2 000	6	21	40	30—68
	12	25	40	
	25	32	52	
5 000	12	25	56	56
	25	32	86	120
40+40	300	32	47	65
150+30	350	32	86	120
150+150	250	32	72	100

Конденсаторы больших размеров и блоки крепятся в аппаратуре с помощью гаек. При указанных способах крепления конденсаторы допускают вибрацию в диапазоне частот от 5 до 80 *гц* с ускорением до 4 *g*. Конденсаторы изготавливают в нормальном и тропическом исполнеиии. Температурный диапазон применения от —20 до +70 °С.

Конденсаторы типа К50-12 предназначены для работы в цепях постоянного и пульсирующего токов. Допустимая амплитуда напряжения переменной составляющей при работе конденсаторов в цепях пульсирующего тока частоты 50 *гц* в зависимости от номинального напряжения и номинальной емкости колеблется от 6 до 20%. Для частот свыше 50 *гц* амплитуда напряжения переменной составляющей определяется по формуле, приведенной для конденсаторов К50-16:

$$U_f = \frac{50}{f} U_{f50}.$$

Для конденсаторов блочной конструкции амплитуда напряжения переменной составляющей частоты 50 *гц* не должна превышать 5% от номинального напряжения. Тангенс угла потерь для конденсаторов с номинальным напряжением 6, 12 и 25 *в* не должен превышать 35%, с номинальным напряжением 50 *в* соответственно 30%, с номинальным напряжением 100 и 160 *в* — 25% и с номинальным напряжением 250 и 450 *в* не превышает 15 и 10%.

У конденсаторов при нормальной температуре окружающего воздуха допускается отклонение действительной емкости от номинальной на —20÷+80%. Кроме того, при крайних положительных и отрицательных температурах допускается отклонение емкости от действительной еще на 30 или 40% соответственно.

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА К53-8

Конденсаторы, у которых жидкий или пастообразный электролит заменен твердым полупроводником, относятся к оксидно-полупроводниковым конденсаторам. В качестве твердого полупроводника, заменившего электролит, используется двуокись марганца MnO_2, нанесенная на оксидную пленку алюминия пиролитическим способом. Такая замена позволила получить конденсаторы, обладающие высокой стабильностью электрических характеристик при изменении окружающей температуры и частоты питающего напряжения. Конденсаторы этого типа не требуют тренировки (включения под рабочее напряжение или номинальное напряжение) в течение времени хранения в отличие от конденсаторов К50-6, К50-7 и др.

Анод алюминиевого оксидно-полупроводникового конденсатора изготавливают из алюминиевой фольги толщиной 20 *мкм* с площадью, равной 1 *см*². Для повышения емкости алюминиевая фольга, как и у предыдущих конденсаторов, предварительно подвергается электрохимическому травлению.

Выводы конденсаторов проволочные. Один из них, анодный, приваривают к лепестку алюминиевой фольги, не покрытому двуокисью марганца, другой проволочный вывод (катодный) припаивают к слою свинцово-оловянного припоя, который для лучшего контактирования нанесен на слой двуокиси марганца. В таком виде конденсатор помещают в пластмассовый или металлический корпус и заливают эпоксидным компаундом. Подобная конструкция конден-

сатора обеспечивает ему надежную защиту от действия влаги. Внешний вид конденсаторов показан на рис. 13.

Оксидно-полупроводниковые конденсаторы рассчитаны на работу в цепях постоянного и пульсирующего токов в интервале температур от —60 до +85 °С. Конденсаторы включают в себя девять типономиналов с емкостью от 0,5 до 20 *мкф* и в зависимости от номинального напряжения делятся на четыре группы: 15, 6, 3 и 1,5 *в*, в которые входят соответственно конденсаторы с номинальными емкостями 0,5; 1,0 и 2 *мкф*; 2 и 5 *мкф*; 5 и 10 *мкф* и в последнюю 10 и 20 *мкф*. Допустимые отклонения действительной емкости от номинальной лежат в пределах ±20% и +50÷—20%.

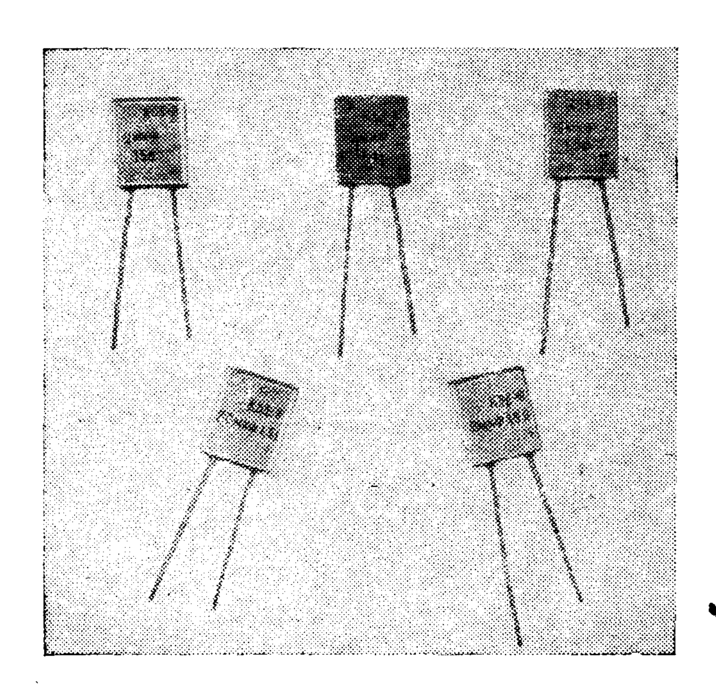


Рис. 13. Конденсаторы типа К53-8.

Геометрические размеры конденсаторов не превышают 13×15 *мм* при толщине от 3 до 4 *мм*; масса не более 2,5 *г*.

При использовании конденсаторов в цепях с пульсирующим напряжением амплитуда напряжения переменной составляющей по отношению к номинальному напряжению не должна быть больше 20% на частотах до 50 *гц* включительно. На частотах выше 50 *гц* амплитуда напряжения переменной составляющей должна уменьшаться обратно пропорционально частоте. Как отмечалось, температурные характеристики емкости и тангенса угла диэлектрических потерь алюминиевых оксидно-полупроводниковых конденсаторов К53-8 значительно превосходят характеристики алюминиевых электролитических конденсаторов, таких, как К50-6, К50-7 и др. Так, тангенс угла потерь у конденсаторов К53-8 на номинальные напряжения 1,5; 3 и 6 *в* составляет 0,20, а на номинальное напряжение 15 *в* не более 0,15.

Ток утечки конденсаторов при использовании их в нормальных условиях не превышает 13 *мка*, а при повышенной предельной температуре 43 *мка*. Изменение емкости конденсаторов при крайних

предельных температурах может отличаться на величину от +20 до +50% при положительной температуре и от —25 до —40% при отрицательной температуре в зависимости от номинального напряжения. Конденсаторы К53-8 работоспособны при одновременном воздействии относительной влажности до 98% и температуры +40 °С, атмосферном давлении от 5 до 2 280 *мм рт. ст.*, воздействии вибрации в диапазоне частот от 5 до 2 500 *гц* с ускорением до 18 *g*, многократных ударах с ускорением до 150 *g*.

Срок службы конденсаторов 5 000 *ч*, срок хранения 12 лет.

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА К53-4

Длительное время для изготовления анодов электролитических конденсаторов применялся только алюминий. На его базе были созданы конденсаторы различных типов и назначений. Однако наряду с положительными качествами этих конденсаторов они вследствие химической активности алюминия имеют ряд существенных недостатков. К таким недостаткам прежде всего относится повышенный ток утечки, большая зависимость емкости от температуры и тангенса угла потерь от частоты.

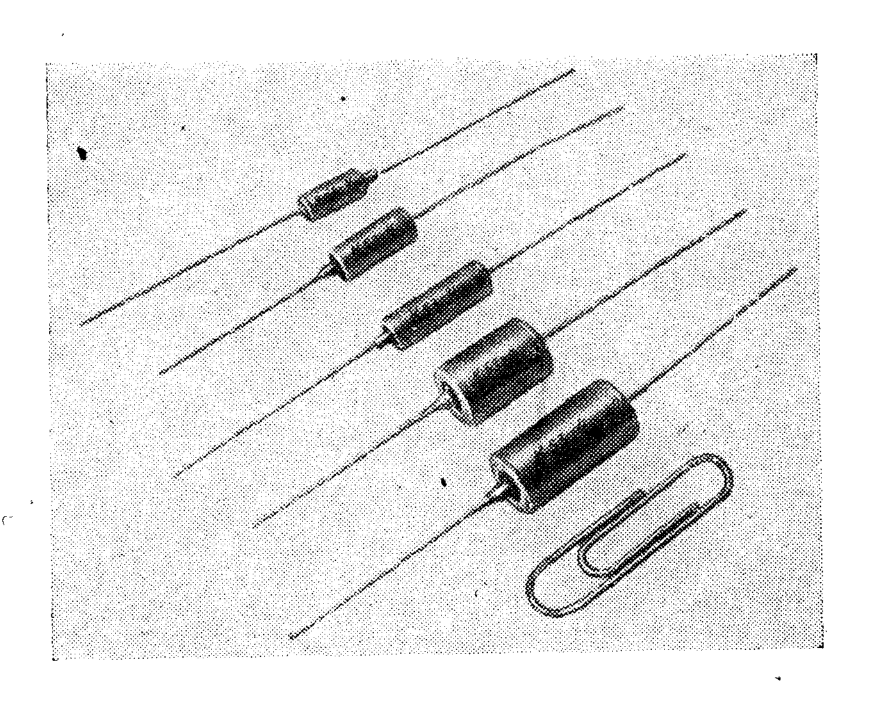


Рис. 14. Конденсаторы типа К53-4.

В последние годы широкое применение в производстве электролитических конденсаторов нашел тантал, оксидная пленка на котором отличается значительной химической стабильностью и высокими диэлектрическими свойствами. Его применение позволило создать электролитические конденсаторы как фольгового типа, так и с пористыми анодами, более надежные и пригодные для работы в широком интервале рабочих температур. Однако, несмотря на то, что применение тантала способствует созданию конденсаторов более

высокого класса по сравнению с алюминиевыми, малая распространенность тантала в земной коре, а вследствие этого его дефицит резко ограничивают возможность производства электролитических танталовых конденсаторов, а следовательно, их широкое применение в радиоэлектронной аппаратуре. В то же время быстрое развитие электронной аппаратуры, в том числе полупроводниковой, способной работать в значительном диапазоне температур и критичной к повышенным токам утечки, настойчиво выдвигает задачу изыскания новых материалов для анодов конденсаторов, менее дефицитных, чем тантал, но не уступающих последнему по своим свойствам.

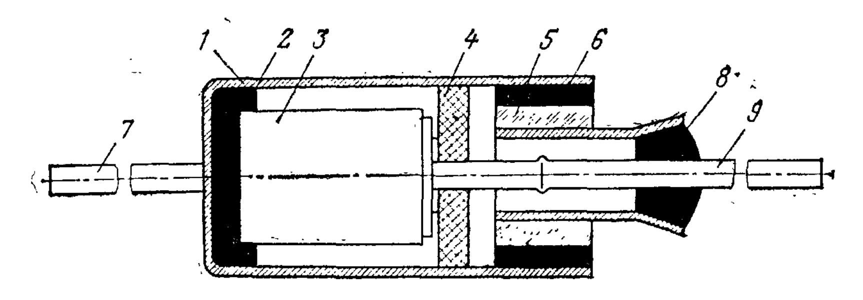


Рис. 15. Устройство оксидно-полупроводникового конденсатора.

1 — корпус; *2*, *6*, *8* — припой; *3* — анод; *4* — изоляционная шайба; *5* — стеклянный изолятор; *7*, *9* — выводы.

Наиболее близким по электрическим характеристикам к танталу является ниобий. Плотность его в 2 раза меньше, чем у тантала. В то же время диэлектрическая проницаемость окиси ниобия высока и превосходит диэлектрическую проницаемость окиси тантала в 1,5 раза, что дает возможность значительно увеличить удельную емкость ниобиевых конденсаторов.

Ниобиевые конденсаторы типа К53-4 представляют собой цилиндр с диаметром (в зависимости от номинального напряжения и емкости) от 3,2 до 7,2 *мм* при длине от 7,5 до 16 *мм* с осевыми выводами (рис. 14). Аноды конденсаторов выполнены путем прессования таблеток из ниобиевого порошка с последующим спеканием их при температуре 2000 °С, и после этого в вакууме наносится оксидированный слой.

В качестве второй обкладки конденсаторов применяется двуокись марганца, получаемая при разложении азотнокислого марганца. Поверх двуокиси марганца наносится так называемый аквадаг — раствор графита в воде и затем путем вжигания серебра наносится контактирующий катодный слой металла. Изготовленный таким образом элемент впаивается в металлический корпус (рис. 15). Герметизация конденсатора осуществлена впайкой изолятора, трубка которого у наружного края с целью улучшения пайки анодного вывода слегка развальцована.

Конденсаторы типа К53-4 предназначены для работы в цепях постоянного и пульсирующего тока в интервале температур от —60 до +85 °С. В случае работы конденсаторов в цепях пульсирующего тока амплитуда напряжения переменной составляющей по отношению к номинальному напряжению не должна быть больше 20% при частоте до 50 *гц* включительно, 5% — свыше 50 до 500 *гц*, 3,5% —

от 500 до 1 000 *гц*, 1,25% — от 1 000 до 5 000 *гц*, 0,8% — от 5 000 до 10 000 *гц*, 0,5% — от 10 000 до 20 000 *гц*.

При этом сумма амплитуды напряжения переменной составляющей и величина напряжения постоянного тока не должны превышать номинального напряжения. Соединяя попарно положительными или отрицательными выводами, их можно использовать как неполярные. Конденсаторы К53-4 включают в себя 37 типономиналов с емкостью от 4,7 до 100 *мкф*. Допустимые отклонения действительной емкости от номинальной составляют ±10, ±20 и ±30%.

Габаритные размеры конденсаторов, масса, номинальные напряжения и емкость приведены в табл. 15.

Таблица 15

Конденсаторы К53-4

Номинальная емкость, *мкф*	Номинальное напряжение, *в*	Размеры, *мм*		Масса, *г*, не более
		Диаметр	Длина	
0,68; 1,0; 1,5; 2,2; 3,3; 4,7	6	3,2	7,5	0,5
6,8; 10 1,5; 22	6	4	10 13	1,0 1,1
33; 47 68; 100	6	7,2	12 16	3,5 4,0
0,47; 0,68; 1,0; 1,5; 2,2; 3,3	15	3,2	7,5	0,5
4,7; 6,8 10; 15	15	4	10 13	1,0 1,1
22; 33 47; 68	15	7,2	12 16	3,5 4,0
1,0; 1,5; 2,2	20	3,2	7,5	0,5
3,3; 4,7 68; 10	20	4	10 13	1,0 1,1
15; 22 33; 47	20	7,2	12 16	3,5 4,0

Ток утечки оксидно-полупроводниковых конденсаторов намного меньше, чем у отмеченных электролитических конденсаторов, и в нормальных климатических условиях не превышает 10 *мка* (в зависимости от номинального напряжения) для емкостей от 0,68 до 22 *мкф* и 25 *мка* для емкостей от 15 до 100 *мкф*. Тангенс угла потерь для тех же условий номинальных напряжений и емкостей не превышает 0,15 и 0,20 соответственно. При температуре +85 °С ток утечки и емкость конденсатора значительно возрастают, причем ток не более чем в 10 раз, а емкость до +35%.

Конденсаторы диаметром 3,2 и 4 *мм* крепят в аппаратуре непосредственно за выводы, а конденсаторы диаметром 7,2 *мм* — жест-

ко за корпус с помощью хомутиков или скоб, они могут выдержать без механических повреждений и изменения емкости следующие нагрузки: вибрации в диапазоне частот от 5 до 2 500 *гц* с ускорением до 20 *g*; ударную нагрузку с ускорением до 150 *g*; линейную нагрузку с ускорением до 250 *g*.

Срок службы конденсаторов составляет 5 000 *ч*, срок хранения 11 лет.

БУМАЖНЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ

Бумажные конденсаторы являются наиболее распространенными и находят широкое применение в цепях, где не являются критичными большая точность и стабильность емкости или низкие потери, характеризующие, например, слюдяные конденсаторы, и где главным требованием является выдерживание в течение длительного времени заданного напряжения. Они могут применяться в качестве блокировочных, развязывающих, разделительных и фильтрующих элементов в различных цепях с постоянным и переменным напряжением и в импульсных режимах. По величине номинального напряжения принято подразделять бумажные конденсаторы на низковольтные (К40) с номинальными напряжениями до 1 600 *в* и высоковольтные (К41) — от 1 600 *в* и выше. Для конденсаторов характерны широкие интервалы емкостей, от тысячных долей микрофарады до десятков микрофарад, широкие интервалы номинальных напряжений и температур, которые укладываются от —60 до +125 °С.

Бумажный конденсатор представляет собой секцию в виде цилиндра, изготовленного намоткой из лент бумаги, разделенных металлическими электродами (обкладками). В качестве обкладок обычно используется тонкая алюминиевая фольга. В качестве диэлектрика — специальная конденсаторная бумага. Намотанные конденсаторные секции затем тщательно сушат, так как конденсаторная бумага по своей природе гигроскопична и имеет влажность от 5 до 7%. После этого секцию пропитывают воскообразным веществом или маслом. Пропиточная масса в конденсаторе служит как бы «добавочным диэлектриком», который улучшает характеристики бумаги, заполняя после пропитки ее поры, что в конечном счете повышает емкость конденсатора и увеличивает его пробивное напряжение. Чем выше номинальное напряжение конденсатора, тем больше толщина применяемой в нем бумаги и тем больше число ее слоев между фольговыми обкладками. Однако число слоев диэлектрика в бумажных конденсаторах никогда не бывает меньше двух. Это объясняется тем, что всякая бумага содержит токопроводящие частицы угольной пыли, которые могут пронизывать бумажный лист насквозь, особенно при такой малой толщине (5—25 *мкм*), как у конденсаторной бумаги. Наличие двух или большего числа рядов бумаги уменьшает вероятность совпадения дефектных мест, и надежность работы конденсатора значительно увеличивается.

Выводы конденсатора изготавливают из тонкой медной луженой проволоки, к которой методом пайки или другим способом прикрепляют лепестки из фольги. Эти лепестки, имея сравнительно большую площадь, при намотке секций вкладываются между обкладками конденсатора и бумагой.

Недостатком вкладных выводов может служить то, что при длительном хранении конденсаторов или длительном использовании их при низких напряжениях (ниже 10 *в*) поверхность алюминиевых

обкладок и лепестки выводов покрываются тонким слоем окисла металла. Нарушается электрический контакт, конденсатор теряет работоспособность. При подаче на конденсатор номинального напряжения слой окисла пробивается, контакт между выводами и обкладками восстанавливается, конденсатор становится работоспособным.

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА БМ И БМТ

По конструктивному оформлению бумажные конденсаторы можно разделить на две основные группы: цилиндрической формы: БМ; БМТ; КБГМ; КБГИ; К40П-1; К40П-2; К40П-3; К40У-9; К40-13 и др., и прямоугольной формы: КБГ-МП; КБГ-МН; БГТ; К40У-5. Основные электрические характеристики конденсаторов и их габаритные размеры показаны в табл. 16.

Конденсаторы БМ — бумажные малогабаритные с пределом крайних рабочих температур от —60 до +70 °С.

Таблица 16

Бумажные конденсаторы

Тип конденсатора	Интервал рабочих температур, °С	Номинальное напряжение, *в*	Предел номинальных емкостей, *мкф*	Размеры, *мм*		Масса, *г*
				мин.	макс.	
БМ	—60÷+70	150 200 300	0,033—0,047 0,0033—0,022 0,00047—0,0022	7,5×21 6×17 5×17	7,5×24 6×20 5×20	2 1,3 0,9
БМТ	—60÷+100	400 600	0,00047—0,22 0,001—0,022	6×24 7×26	16×47 12×26	3—20 4—6
К40П-1	—60÷+70	400 600	0,039—0,22 0,00047—0,018	12,8×25 7×25	18,8×45 9×25	8—35 2,5—8
К40П-2	—60÷+85	400	0,001—0,047	6×19	11×19	3—6
К40П-3	—40÷+60	200 400 600	0,01—0,47 0,0047—0,33 0,0047—0,22	13×34 13×34 13×34	24×54 24×54 24×54	5,5—30
КБГИ	—60÷+70	200 400 600	0,001—0,1 0,0015—0,05 0,00047—0,03	7,5×15 7,5×18 7,5×21	16×25 16×25 16×25	2,5—16 2,5—16
КБГМ	—60÷+70	200 400 600	0,04—0,25 0,07—0,25 0,01—0,15	10×38 14×45 10×38	14×45 17×50 17×50	15—30 30—37 30—37
КБГ-МН	—60÷+70	200 400 600 1 000 1 500	1—10 1—8 0,5—6 0,25—4 0,25—2	34×19×58 45×25×58 34×19×58 34×19×58 45×25×58	65×35×108 65×60×108 65×60×108 65×60×108 65×60×108	115—560 160—750 115—750 115—750 160—750
КБГ-МП	—60÷+70	200 600 1 000 1 500	0,5—2 0,25—1 0,1—0,5 0,1—0,25	22×26×46 18×26×46 18×26×46 22×26×46	25×51×51 25×51×51 25×51×51 25×51×51	55—150

Конденсаторы БМТ — бумажные малогабаритные теплостойкие с пределом крайних рабочих температур от —60 до +100 °С, выпускаются по ГОСТ 9687-61, предназначены для работы в цепях постоянного, переменного и пульсирующего токов.

Конденсаторы БМ и БМТ (рис. 16) заключены в алюминиевые цилиндрические корпуса, которые с торцов или залиты эпоксидной смолой (БМ), или уплотнены резиновой шайбой (БМТ). Конденса-

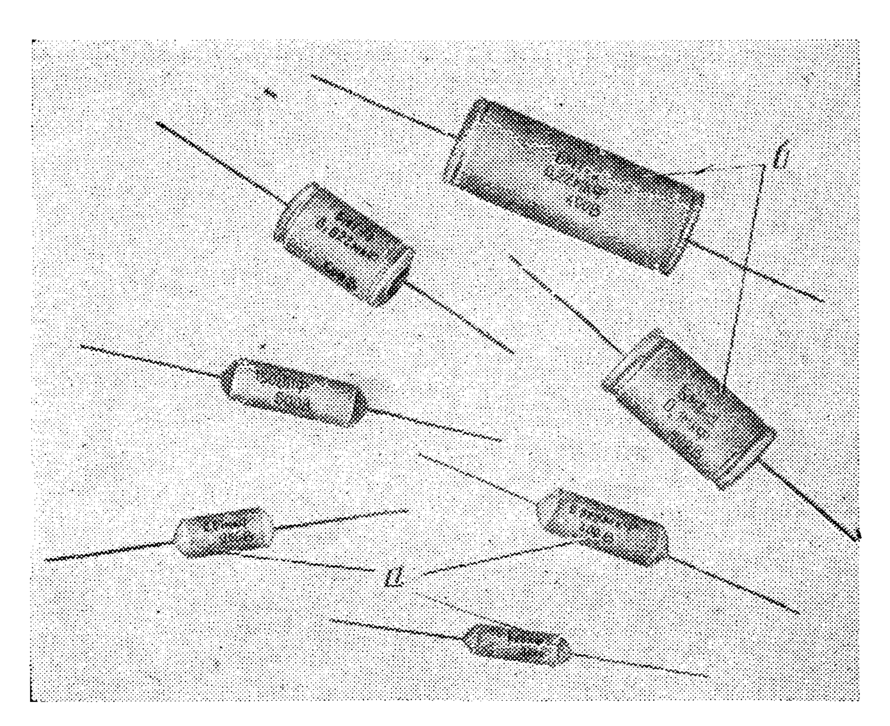


Рис. 16. Конденсаторы типа БМ и БМТ.
а — типа БМ; *б* — типа БМТ.

торы выпускают четырех модификаций: из них БМ-1 и БМТ-1 — с вкладными контактными узлами, рассчитанные на работу при напряжениях от 10 *в* и выше до номинальной величины и БМ-2 и БМТ-2 — с паяными контактными узлами для работы без ограничения нижнего предела рабочего напряжения.

Конденсаторы БМ — по пределам допускаемых отклонений действительной емкости от номинальной II и III класса точности. Конденсаторы БМТ-1—II и III классов точности. При крайних значениях рабочих температур емкость конденсаторов может отличаться от емкости, маркированной на конденсаторе, но не более чем на ±10%. Сопротивление изоляции между выводами конденсаторов БМ-1 и БМ-2 при температуре +20 °С не менее 5 000 *Мом*, конденсаторов БМТ-1 и БМТ-2 не менее 10 000 *Мом*. При крайних положительных температурах сопротивление изоляции снижается до 200 *Мом* у конденсаторов БМ и до 100 *Мом* у БМТ. Тангенс угла потерь конденсаторов при нормальной температуре не превышает 0,01.

При работе конденсаторов в цепях пульсирующего тока отношение амплитуды напряжения переменной составляющей к номинальному напряжению постоянного тока не должно превышать величин, указанных в табл. 17.

Таблица 17

Конденсаторы БМ и БМТ

Частота переменной составляющей пульсирующего тока, *гц*	Отношение амплитуды напряжения переменной составляющей пульсирующего тока к номинальному напряжению постоянного тока (%) для конденсаторов емкостью	
	до 0,05 *мкф*	более 0,05 *мкф*
50	35	20
100	25	15
500	18	8
1 000	10	5
5 000	5	3
10 000	2	2

При этом сумма амплитудного значения напряжения переменной составляющей пульсирующего тока не должна превышать номинальной величины напряжения, маркированной на конденсаторе. В табл. 18 приведены значения допустимых действующих напряжений переменного тока на конденсаторах в зависимости от их номинальных напряжений постоянного тока и номинальных емкостей. Конденсаторы рассчитаны на работу при относительной влажности воздуха до 98% при температуре до +40 °С и снижении атмосферного давления до 5 *мм рт. ст.* для БМ и 15 *мм рт. ст.* для БМТ.

Таблица 1

Конденсаторы БМ и БМТ

Тип конденсатора	Номинальное напряжение постоянного тока, *в*	Номинальные емкости	Допустимое действующее напряжение переменного тока, *в*, при частоте		
			50 *гц*	500 *гц*	1 000 *гц*
БМТ	600	1 000 *пф*—0,022 *мкф*	300	175	75
	400	До 0,05 *мкф*	250	150	75
		0,068—0,25 *мкф*	200	100	40
БМ	300	До 2 200 *пф*	230	120	60
	200	3 300 *пф*—0,03 *мкф*	150	75	40
	150	0,033 *мкф*; 0,047 *мкф*; 0,05 *мкф*	100	60	30

Срок службы конденсаторов БМ — 5 000 *ч*, БМТ — 1 000 *ч*. Однако в случае эксплуатации конденсаторов БМТ при температуре до +70 °С срок службы увеличивается, как и у БМ, до 5 000 *ч*.

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА КБГ

Конденсаторы бумажные герметизированные, по форме и материалу корпуса изготавливают четырех видов: КБГ-И; КБГ-М; КБГ-МН; КБГ-МП (рис. 17).

КБГ-И — секции конденсаторов вмонтированы в цилиндрический изоляционный корпус из керамики или стекла. На торцы корпуса напаяны металлические колпачки, предварительно соединенные с обкладками секции конденсатора. Внешние выводы радиально приварены к колпачкам. В зависимости от емкости и номинального напряжения диаметр корпуса может быть от 7,5 до 16 *мм* и длина от 15 до 25 *мм*. Конденсаторы с диаметром до 9,5 *мм* или массой до 7 *г* могут крепиться в аппаратуре за выводы, остальные жестко за корпус.

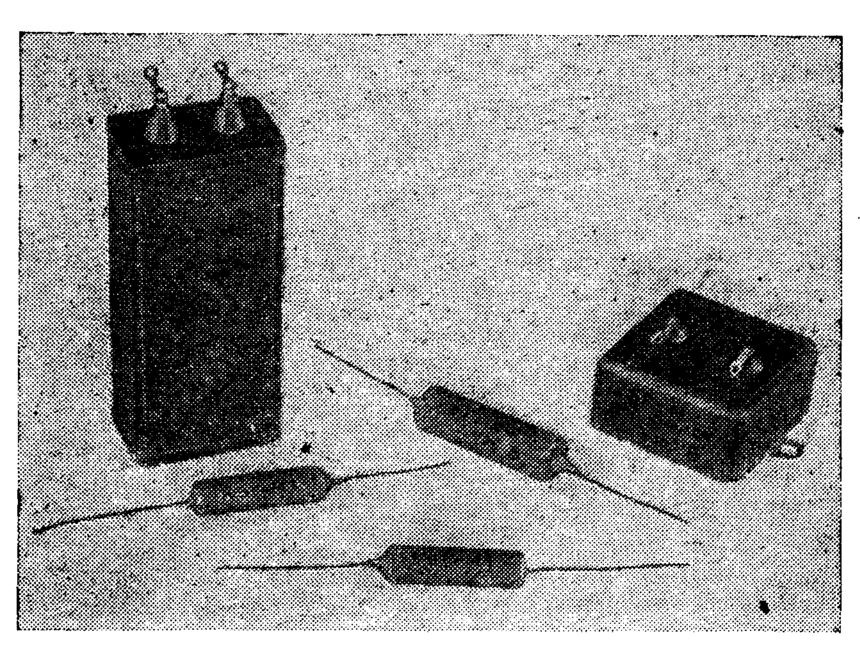


Рис. 17. Конденсаторы типа КБГ.

КБГ-$М_1$ и **КБГ-$М_2$** — корпуса конденсаторов цилиндрической формы из металла. Выводы осевые, причем у конденсаторов КБГ-$М_1$ один из выводов обкладки секции соединен с корпусом, другой выводится наружу через стеклянный или керамический изолятор, впаянный в торец корпуса. У конденсаторов КБГ-$М_2$ оба вывода изолированы от корпуса. Конденсаторы имеют три габаритных размера диаметром 10, 14 и 17 *мм*, длина соответственно 38, 45 и 50 *мм*. Масса не более 37 *г*. В аппаратуре конденсаторы крепятся скобой.

КБГ-МН — конденсаторы этого типа выполнены в прямоугольном металлическом нормальном корпусе, в котором могут быть собраны одна или две равные секции, соединенные между собой последовательно. Конденсаторы КБГ-МН имеют четыре модификации: односекционные, выводы у которых расположены как и у конденсаторов КБГ-М, т. е. в первом случае оба вывода изолированы, во втором — один из выводов обкладки соединен с корпусом. У конденсаторов, собранных из двух секций, средний вывод может быть изолирован или соединен с корпусом. Определить, какой из выводов секции конденсатора соединен с корпусом, можно визуально, так как все наружные лепестки (продолжение вывода), с помощью которых конденсатор впаивается в схему, приварены непосредственно

к корпусу. Лепестки изолированных выводов закреплены на керамических или стеклянных изоляторах.

Размеры конденсаторов увеличиваются в зависимости от номинального напряжения: наименьший из них имеет размеры 34×19×58 *мм* и массу не более 115 *г*, наибольший — 85×60×108 *мм* и массу 750 *г*. Крепление конденсаторов осуществляется скобой.

КБГ-МП — этот тип конденсаторов, как и КБГ-МН, смонтирован в металлических герметизированных прямоугольных корпусах со стеклянными или керамическими изоляторами, через которые проходят выводы. Конденсаторы МБГ-МП могут быть одно-, двух- и трехсекционными. У одно- и двухсекционных конденсаторов секции соединяют аналогично предыдущим. У трехсекционных конденсаторов секции соединены звездой. Три вывода, по одному от каждой секции, изолированы. Один вывод — общий, соединен с корпусом и расположен на верхней стенке конденсатора. Для крепления в аппаратуре конденсаторы имеют ушки, приваренные к дну корпуса.

Таблица 19

Конденсаторы КБГ

Номинальное напряжение постоянного тока, *в*	Допустимые напряжения переменного тока, *в*			
	Частота 50 *гц*		Частота 500 *гц*	
	Емкость			
	до 2 *мкф*	от 4 до 10 *мкф*	до 2 *мкф*	от 4 до 10 *мкф*
200	160	130	100	50
400	250	200	125	75
600	300	250	150	100
1 000	400	350	200	150
1 500	500	—	250	—

Конденсаторы бумажные герметизированные (КБГ) изготавливают в обычном и тропическом исполнении, что позволяет использовать их при относительной влажности воздуха до 98% и температуре +40 °С. Конденсаторы предназначены для работы при напряжениях не ниже 10 *в* в цепях постоянного, пульсирующего и переменного токов, а также в импульсных режимах. При работе конденсаторов в цепях пульсирующего тока максимальное значение напряжения переменной составляющей по отношению к номинальному напряжению не должно быть больше 20% при частотах до 50 *гц*, 15% при частоте 100 *гц*, 10% при частоте 300 *гц*, 5% при частоте 1 000 *гц* и 2% при частоте 10 000 *гц*.

Допустимые напряжения при работе конденсаторов в цепях переменного тока в зависимости от номинальной емкости и номинального напряжения приведены в табл. 19.

Конденсаторы выпускаются промышленностью трех классов точности: ±5%, ±10% и ±20%. При крайней отрицательной температуре —60 °С емкость конденсаторов может отличаться от номинальной, но не более чем на ±10%. При крайней положительной температуре емкость может отличаться на ±5%. Тангенс угла потерь соответственно не превышает 0,05 и 0,02. При нормальной температуре (+20 °С) тангенс угла потерь обычно 0,01. Сопротивление изоляции у конденсаторов емкостью до 0,2 *мкф* включительно, замерен-

ное между любыми выводами, должно быть не менее 10 000 *Мом* и 2 000 *Мом* для конденсаторов емкостью от 0,25 *мкф* и выше. При повышении температуры до +70 °С сопротивление изоляции снижается соответственно до 500 и 75 *Мом*.

Конденсаторы выдерживают воздействие пониженного атмосферного давления до 5 *мм рт. ст.* без электрического пробоя и поверхностного разряда. Срок службы для конденсаторов КБГ-МН 6 000 *ч*, для конденсаторов КБГ-И, КБГ-М и КБГ-МП — 8 000 *ч*, причем к концу срока службы гарантируется, что емкость не выйдет за пределы допуска ±20% для конденсаторов емкостью до 100 *пф* включительно и ±10% для остальных.

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА К40П-1 И К40П-2

Конструктивное исполнение конденсаторов К40П-1 и К40П-2 показано на рис. 18.

К40П-1 — малогабаритные бумажные конденсаторы, опрессованные пластмассой с осевыми выводами из медной луженой проволоки (УПО.462.026ТУ). Конденсаторы работоспособны в интервале температур от —60 до +70 °С, допускается работа при +80 °С, относительной влажности воздуха до 85% и кратковременно до 98%.

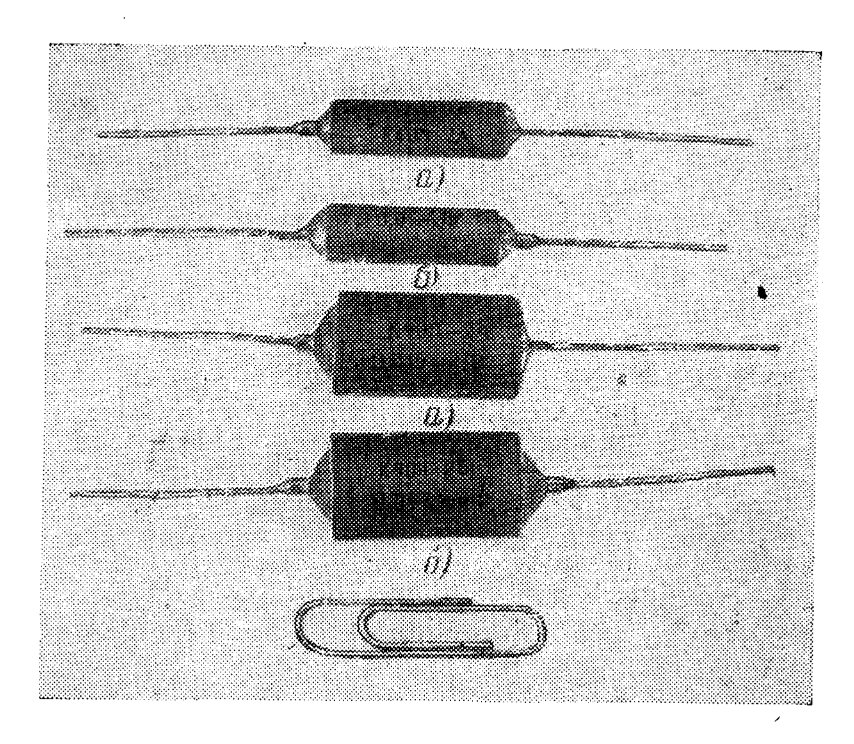


Рис. 18. Конденсаторы типа К40П-2.

а — К40П-2 — один вывод на корпусе; *б* — К40П-2Б — оба вывода изолированные.

Они рассчитаны на работу в цепях постоянного, переменного и пульсирующего токов. Номинальная емкость лежит в пределах от 470 *пф* до 0,02 *мкф* с номинальным напряжением 600 *в* и от 0,022 до 0,22 *мкф* с номинальным напряжением 400 *в*. Минимальный диаметр корпуса — 7 *мм*, максимальный — 18,8 *мм*. Длина корпуса — 25 *мм*; у кон-

денсаторов емкостью 0,068 и 0,1 *мкф* — 30 *мм*, а у 0,15; 0,18 и 0,22 — 45 *мм*.

Конденсаторы имеют три класса точности: ±5%, ±10% и ±20%. При крайней положительной температуре емкость может измениться относительно маркированной на корпусе на ±10%. Сопротивление изоляции для емкости до 0,1 *мкф* включительно 10 000 *Мом* и 5 000 *Мом* для емкости от 0,15 до 0,22 *мкф*.

При работе конденсаторов в цепи переменного тока амплитудное значение напряжения для конденсаторов на номинальное напряжение 400 *в* не должно превышать 200 *в* при частоте 50 *гц* и 100 *в* при частоте 500 *гц*. На номинальное напряжение 600 *в* соответственно 250 и 125 *в*. Срок службы конденсаторов 5 000 *ч*. Для температуры +80 °С срок службы 2 000 *ч*.

К40П-2 — малогабаритные герметизированные конденсаторы, изготавливаются намоткой из двух или более слоев специальной конденсаторной бумаги (которая служит диэлектриком), расположенных между двумя лентами металлической фольги, и затем пропитывается (ОЖО.462.011ТУ). Пропитка конденсаторов увеличивает диэлектрическую проницаемость, угол потерь и электрическую прочность диэлектрика. Чем выше рабочее напряжение конденсатора, тем больше толщина применяемой в нем бумаги и тем больше число ее слоев между фольговыми обкладками. В частности, в конструкции конденсатора К40П-2 диэлектрик состоит из трех слоев бумаги толщиной до 10 *мкм*.

Как уже говорилось, чередующиеся фольговые и бумажные ленты сворачивают в цилиндрические секции и заключают в металлический корпус. Конденсаторы типа К40П-2 конструктивно выпускают двух видов: К40П-2а и К40П-2б. Разница между ними заключается в том, что у конденсатора К40П-2а одна из обкладок соединена с корпусом, а другая имеет изолированный от корпуса проволочный вывод. У конденсатора К40П-2б оба вывода изолированы. Выводы у конденсаторов сделаны из тонкой медной луженой проволоки диаметром не более 0,8 *мм*.

Бумажные конденсаторы К40П-2 выпускают на номинальное напряжение постоянного тока 400 *в*.

Конденсаторы на номинальную емкость от 1 000 до 10 000 *пф* имеют диаметр 6 *мм* и массу не более 3 *г*. Конденсаторы с емкостью от 0,015 до 0,047 *мкф* имеют диаметр 11 *мм* и массу 6 *г*. Длина корпуса конденсаторов независимо от емкости равна 19 *мм*.

Конденсаторы типов К40П-1 и К40П-2 работоспособны в цепях постоянного, переменного и пульсирующего токов. Интервал рабочих температур от —60 до +85 °С. При работе конденсаторов в цепях переменного тока амплитудное значение напряжения не должно превышать 250 *в* при частоте 50 *гц* и 125 *в* при частоте 500 *гц*. При работе конденсаторов К40П-2, так же как и К40П-1, в цепях пульсирующего тока амплитудное значение напряжения переменной составляющей должно быть не более 20% при частоте 50 *гц*, 15% при частоте 100 *гц*, 8% при частоте 400 *гц*, 5% при частоте 1 000 *гц* и 2% при частоте 10 000 *гц*. При этом сумма амплитудного значения напряжения переменной составляющей и постоянной составляющей пульсирующего тока не должна превышать номинального напряжения постоянного тока.

Конденсаторы изготавливают с допустимыми отклонениями действительной емкости от номинальной ±5, ±10 и ±20%. Тангенс

угла потерь в нормальных условиях не превышает 0,01. Сопротивление изоляции не менее 10 000 *Мом*.

Конденсаторы могут использоваться при относительной влажности воздуха до 98% при температуре +40 °С в условиях воздействия вибрации в диапазоне частот от 10 до 600 *гц* с ускорением не более 10 *g*, при этом они с помощью хомутов должны быть жестко закреплены за корпус.

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА К40-13

Конденсаторы данного типа являются унифицированной серией, способной заменить такие конденсаторы, как БМ, БМТ, К40П-1, К40П-3. Конденсаторы, внешний вид которых показан на рис. 19, представляют собой секцию, намотанную из двух и более слоев бумаги, служащей диэлектриком и расположенной между двумя лентами алюминиевой фольги. Секция помещена в металлический цилиндрической формы корпус и уплотнена с торцов. Осевые выводы

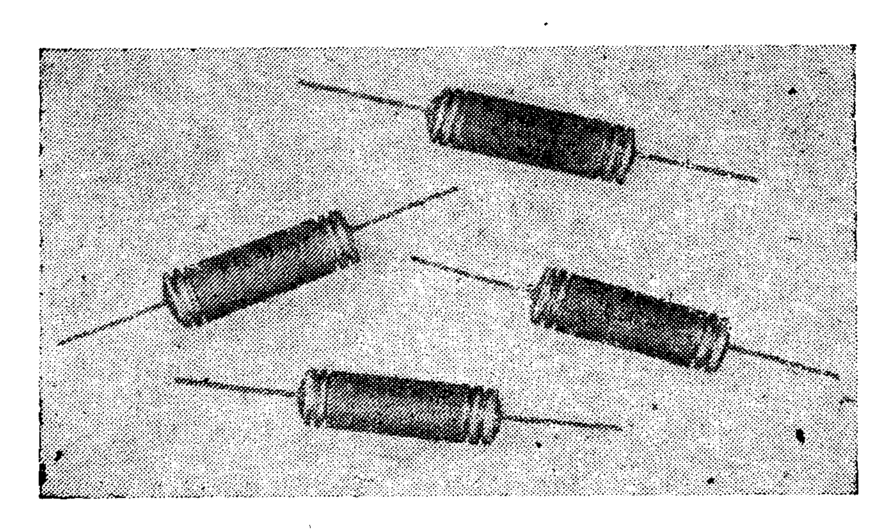


Рис. 19. Конденсаторы типа К40-13.

сделаны из тонкой медной луженой проволоки диаметром 0,8—1 *мм*. Такие конденсаторы допускают эксплуатацию при относительной влажности воздуха до 98% при +40 °С в интервале рабочих температур от —60 до +100 °С и при атмосферном давлении, пониженном до 5 *мм рт. ст.* В табл. 20 приведены номинальные емкости, напряжения, а также габариты и масса конденсаторов К40-13.

Конденсаторы предназначены для работы в цепях постоянного, переменного и пульсирующего тока. При работе конденсаторов в цепях переменного тока амплитуда напряжения в зависимости от частоты определяется по кривой, изображенной на рис. 20. В цепях пульсирующего тока допустимая амплитуда напряжения переменной составляющей не должна превышать значений, указанных на рис. 21. При этом сумма амплитуды напряжения переменной составляющей и величины напряжения постоянного тока не должна превышать номинального напряжения.

По допустимым отклонениям действительной емкости от номинальной конденсаторы могут отличаться на ±5, ±10 и ±20%.

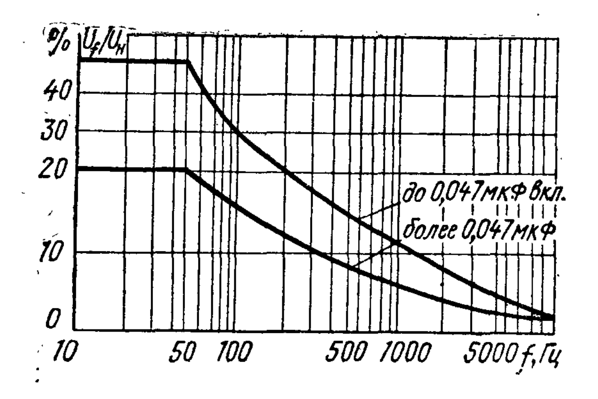


Рис. 20. Зависимость напряжения переменного тока от частоты.

f — частота переменного тока, *гц*; U_f — амплитудное значение напряжения переменного тока, *в*; $U_н$ — номинальное напряжение, *в*.

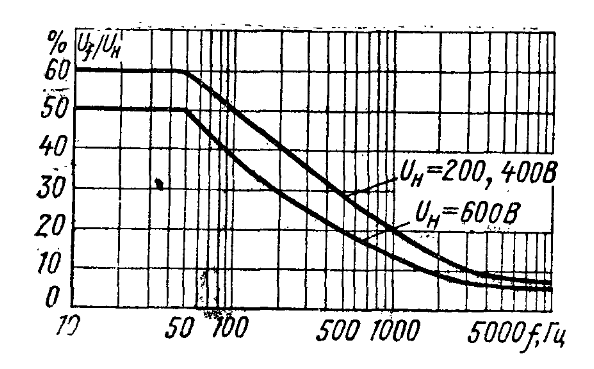


Рис. 21. Зависимость напряжения пульсации от частоты.

f — частота пульсирующего тока; U_f — амплитудное значение напряжения переменной составляющей; $U_н$ — номинальное напряжение, *в*.

Тангенс угла потерь не превышает 0,01, а сопротивление изоляции не менее 10 000 *Мом* для конденсаторов емкостью до 0,33 *мкф* и 2 000 *Мом·мкф* для конденсаторов емкостью 0,47 *мкф* и выше. При увеличении температуры окружающего воздуха до +100 °С изменение емкости конденсаторов не должно превышать ±10%, тангенс угла потерь может увеличиться до 0,015, сопротивление изоляции снижается до 200 *Мом* и 40 *Мом·мкф* соответственно. При креплении конденсаторов жестко за корпус они выдерживают вибрационные нагрузки в диапазоне частот от 5 до 600 *гц* с ускорением 7,5 *g*. В случае крепления за выводы на расстоянии 5—6 *мм* от торца конденсаторы выдерживают вибрационные нагрузки в диапазоне 5—80 *гц* с тем же ускорением. Конденсаторы гарантируют безотказную работу при температуре +85 °С в течение 10 000 *ч* или 5 000 *ч* при +100 °С.

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА К40У-8

Секции конденсаторов размещены в стальных герметизированных корпусах. Выводы от секций на наружные лепестки осуществлены через керамические изоляторы. При монтаже в аппаратуре конденсаторы должны жестко крепиться за корпус. При таком способе крепления они выдерживают вибрационные нагрузки в диапазоне частот от 10 до 1 000 *гц* с ускорением до 7,5 *g* и кратковременно, не более 2 *ч*, в диапазоне до 5 000 *гц* с ускорением 20 *g*.

Конденсаторы предназначены для работы в цепях постоянного, пульсирующего и переменного токов в интервале температур от —60 до +125 °С.

Конденсаторы включают в себя 41 типономинал с напряжением 250, 400, 630, 1 000 и 1 600 *в*. Номинальные емкости их от 1 до 10 *мкф* для одиночных блоков из двух конденсаторов. В табл. 21 приведены номинальные емкости, напряжения, габариты и масса конденсаторов.

Конденсаторы К40-13

Номинальная емкость	Единица измерения	Номинальное напряжение, *в*	Размеры, *мм*		Масса, *г*
			Диаметр	Длина	
0,01 0,015; 0,022 0,033	*мкф*	200	6 7 8	25 25 27	3
0,047; 0,068 0,1; 0,15 0,22	*мкф*	200	10 12 12	33 41 43	8
0,33; 0,47 0,68 1,0	*мкф*	200	16 18 20	48 51 55	20
4 700; 6 800 0,01 0,015; 0,022	*пф* *мкф* *мкф*	400	6 7 8	25 25 27	3
0,033; 0,047 0,068 0,1	*мкф*	400	10 12 12	33 41 43	10
0,015; 0,22 0,33	*мкф*	400	16 18	48 51	20
4 700 6 800 0,01	*пф* *пф* *мкф*	630	7 8 8	25 27 27	6
0,015; 0,022 0,033; 0,047 0,068	*мкф*	630	10 12 12	33 41 43	12
0,1; 0,15 0,22	*мкф*	630	16 18	48 51	25

Действительная емкость конденсатора может отличаться от номинальной на ±5, ±10 и ±20%. Тангенс угла потерь не более 0,01, а сопротивление изоляции между выводами не менее 20 000 *Мом* для конденсаторов емкостью до 0,25 *мкф* включительно и 3 000 *Мом·мкф* для конденсаторов емкостью выше 0,25 *мкф*. При крайней положительной температуре +125 °С и крайней отрицательной —60 °С изменение емкости не должно превышать ±10% номинальной с учетом класса точности, а тангенс угла потерь не более 0,02—0,05. Сопротивление изоляции при крайней положительной температуре снижается до 50 *Мом* у конденсаторов емкостью до 0,25 *мкф* и до 10 *Мом·мкф* емкостью выше 0,25 *мкф*.

При работе конденсаторов в цепях переменного тока амплитуда напряжения от допустимого рабочего напряжения конденсатора не должна превышать значений, указанных в табл. 22.

В цепях с пульсирующими напряжениями амплитуда напряжения переменной составляющей от допустимого рабочего напряжения

Таблица 21

Конденсаторы К40У-8

Номинальная емкость, *мкф*	Номинальное напряжение, *в*	Размеры, *мм*			Масса, *г*
		L	B	H	
4	250	45	75	54	380
8 10	250	65	40 50	112	560 710
2×2	250	45	75	54	380
1 2	400	45	20 40	54	100 180
4 6 8	400	65	30 45 55	112	450 630 790
10 2×0,5 2×1	400	45	70 20 40	54	1 000 100 180
2×2	400	65	30	112	450
1 2	630	45	30 55	54	140 280
4 6 8 10	630	65	45 65 85 105	112	630 910 1 100 1 300
2×0,5 2×1	630	45	30 55	54	140 280
2×2	630	65	45	112	630
0,5 1	1 000	45	30 50	54	140 220
2 4 6	1 000	65	35 65 105	112	490 910 1 300
2×0,25 2×0,5	1 000	45	30 50	54	140 240
2×1 2×2	1 000	65	35 65	112	490 910
0,25 0,5	1 600	45	25 40	54	110 180

Номинальная емкость, *мкф*	Номинальное напряжение, *в*	Размеры, *мм*			Масса, *г*
		L	*B*	*H*	
1 2 4	1 600	65	30 55 105	112	450 790 1 300
2×0,125 2×0,25		45	25 40	54	110 180
2×0,5 2×1 2×2		65	30 55 105	112	450 790 1 300

должна составлять 20, 15, 8, 5, 1 или 0,5% в зависимости от частоты соответственно до 50, 100, 400, 1 000, 10 000 и 20 000 *гц*.

Срок службы конденсаторов находится в прямой зависимости от окружающей рабочей температуры и допустимого рабочего напряжения постоянного тока. При температуре не выше +85 °C срок службы 5 000 *ч*. В интервале температур от 0 до 85 °C конденсаторы допускают эксплуатацию при повышенных напряжениях до 150%.

Таблица 22

Конденсаторы К40У-8

Номинальное напряжение, *в*	Допустимое значение напряжения переменного тока от номинального напряжения, %			
	Частота до 50 *гц*		Частота от 50 до 500 *гц*	
	Емкость, *мкф*			
	до 2	от 4 до 10	до 2	от 4 до 10
250	60	50	40	20
400	60	50	30	18
630	50	40	25	16
1 000	40	35	20	15
1 600	30	25	16	10

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА К40У-9

Конденсаторы с бумажным диэлектриком в цилиндрических герметизированных металлических корпусах изготавливают в нормальном и тропическом исполнении. Конденсаторы рассчитаны на работу в интервале температур от —60 до +125 °C, при относительной влажности воздуха до 98% при +40 °C, пониженном атмосферном давлении и вибрациях в диапазоне частот от 10 до 1 000 *гц* с ускорением 7,5 *g*. Шкала номинальных емкостей конденсаторов от 470 *пф* до 1 *мкф*. Номинальные напряжения 200, 400, 630 и 1 000 *в*.

Таблица 23

Конденсаторы К40У-9

Номинальная емкость	Единица измерения	Номинальное напряжение, *в*	Размеры, *мм*		Масса, *г*
			Диаметр	Длина	
470; 680; 1 000; 1 500; 2 200; 3 300; 4 700; 6 800	*пф*	200	5	18	2,5
0,01 0,033	*мкф*		6 8	18 21	3 5
0,047; 0,068 0,1 0,15	*мкф*		10 10 10	22 28 35	8 9 11
0,22 0,33 0,47 0,68 1,00	*мкф*		14 16 16 18 20	30 30 42 42 52	15 20 28 32 48
4 700; 6 800 0,015; 0,022	*пф* *мкф*	400	6 8	18 21	3 5
0,033 0,047 0,068	*мкф*		10 10 10	22 28 35	8 9 11
0,1 0,15 0,22 0,33 0,47 0,68	*мкф*		14 16 16 18 18 20	30 30 42 42 52 62	15 20 28 32 40 55
470; 680; 1 000; 1 500; 2 200; 3 300	*пф*	630	6	18	3
4 700; 6 800 *пф*; 0,01 *мкф*			8	21	5
0,015 0,022; 0,033 0,047 0,068 0,1 0,15 0,22 0,33 0,47	*мкф*		10 10 10 14 16 16 18 20 20	22 28 35 30 30 42 42 52 62	8 9 11 15 20 28 32 48 55

Номинальная емкость	Единица измерения	Номинальное напряжение, *в*	Размеры, *мм*		Масса, *г*
			Диаметр	Длина	
1 000; 1 500; 2 200; 3 300; 4 700; 6 800	*пф*	1 000	10	22	8
0,01; 0,015 0,022	*мкф*		10 10	28 35	9 11
0,033 0,047 0,068 0,1 0,15 0,22	*мкф*		14 16 16 16 18 20	30 30 38 42 52 52	15 20 24 28 40 48

Имеют два класса точности ±10 и ±20%. Размеры конденсаторов, их массы, значения номинальных напряжений и емкостей приведены в табл. 23, а их внешний вид показан на рис. 22.

При температуре окружающего воздуха до +100 °С на конденсаторы допускается подавать рабочее напряжение, равное номинальному. При повышении температуры до +125 °С допустимое рабочее напряжение постоянного тока не должно превышать соответственно 160, 300, 400 и 630 *в*. В цепях переменного тока амплитуда напряжения на конденсаторах должна соответствовать значениям, указанным в табл. 24. В цепях пульсирующего тока амплитуда напряжения переменной составляющей не должна быть более 20% номинального напряжения при частоте 50 *гц* и уменьшается обратно пропорционально частоте. Тангенс угла потерь и сопротивление изоляции при нормальной и повышенной окружающей температуре такие же, как у конденсаторов типа К40У-8.

Срок службы конденсаторов при условии эксплуатации их до +85 °С — 10 000 *ч*, при температуре +125 °С — 5 000 *ч*.

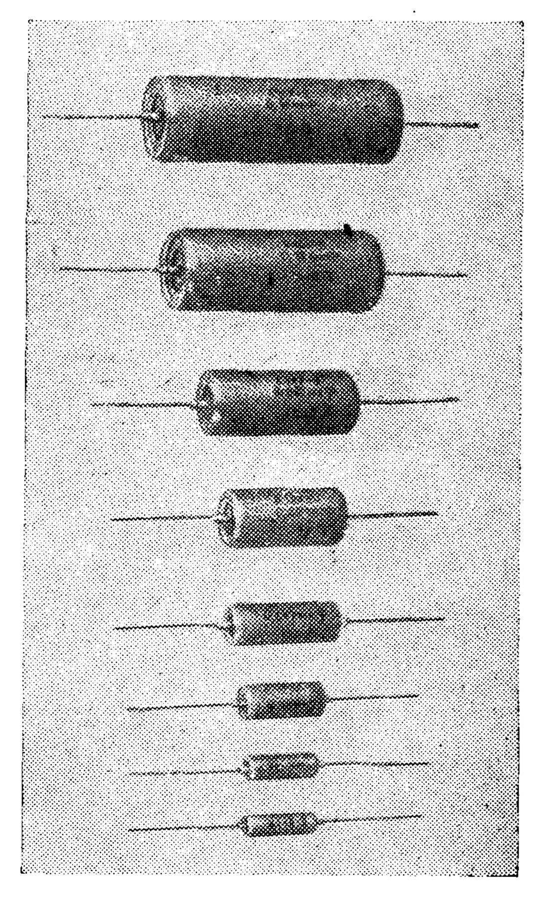


Рис. 22. Конденсаторы типа К40У-9.

Таблица 24

Конденсаторы К40У-9

Номинальное напряжение, *в*	Амплитудное значение напряжения переменного тока от допустимого номинального при частоте, *гц*				
	до 50	от 50 до 500	от 500 до 1 000	от 1 000 до 10 000	от 10 000 до 20 000
200	60	30	15	7	3
400	60	30	15	7	3
630	50	25	12	6	3
1 000	50	25	12	6	3

МЕТАЛЛОБУМАЖНЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ

Конденсаторы, у которых в качестве обкладок вместо фольги используется тонкий слой металла, нанесенный на бумагу методом испарения в вакууме, называются металлобумажными. Если минимальная толщина фольги в бумажных конденсаторах 5—6 *мкм,* то толщина обкладок металлобумажных конденсаторов обычно не превышает 0,03—0,05 *мкм.* Металлизированные обкладки придают конденсатору свойство самовосстановления изоляции.

Процесс самовосстановления состоит в том, что при коротком замыкании обкладок конденсатора ток короткого замыкания оплавляет и испаряет металл обкладок вокруг дефектного места в диэлектрике, в результате чего последнее изолируется от обкладок и электрическая прочность конденсатора восстанавливается. Это свойство позволило при изготовлении металлобумажных конденсаторов с рабочими напряжениями до 200 *в* применять один слой бумаги между обкладками, что равносильно снижению толщины диэлектрика в 2 раза, а следовательно, уменьшению удельного объема в 4 раза по сравнению с бумажными фольговыми конденсаторами. Подобно бумажным металлобумажные конденсаторы обладают широкими интервалами емкостей и номинальных напряжений при значительно меньших габаритах, однако уступают бумажным конденсаторам по стабильности параметров (главным образом по стабильности сопротивления изоляции). Металлобумажные конденсаторы могут использоваться в тех же цепях электрической схемы, что и бумажные с фольговыми обкладками. В отдельных случаях металлобумажные конденсаторы, в особенности однослойные, могут заменить электролитические алюминиевые, обладая при этом преимуществом в неполярности и в меньших токах утечки. Недостаток конденсаторов данного типа с одним слоем диэлектрика — резкое снижение сопротивления изоляции при использовании их в цепях с напряжением ниже 10 *в*.

Технология изготовления металлобумажных конденсаторов состоит в следующем. Конденсаторную бумагу (диэлектрик), толщина которой такая же, как и у бумажных конденсаторов, перед нанесением металлизированного слоя лакируют, т. е. наносят на бумагу с одной или с двух сторон слой этилцеллюлозного лака толщиной до 1 *мкм*. Слои лака изолируют полупроводящие частицы, содер-

жащиеся в бумаге, и повышают постоянную времени металлобумажного конденсатора. Кроме того, после лакировки заметно возрастает электрическая прочность бумаги, так как лак затягивает случайные отверстия в бумаге, не позволяя образовываться в них сквозным металлическим мостикам в процессе металлизации. Поверх слоя лака в бумагу, как было сказано, методом испарения в вакууме наносится тонкий слой металла.

В процессе металлизации поверхности бумаги по одному краю вдоль всей ленты оставляют узкую неметаллизированную полоску, причем она должна быть тем шире, чем выше рабочее напряжение конденсатора.

Перед намоткой секции между металлизированной бумагой, которую располагают непокрытыми металлом кромками в противоположные стороны, как показано на рис. 23, прокладывают конденсаторную бумагу, число слоев которой зависит от рабочего напряжения конденсатора. На торцы секций напыляется олово, к которому крепятся выводы. После этого секция с целью изоляции пропитывается соответствующим материалом, чаще церезином, и заключается в корпус.

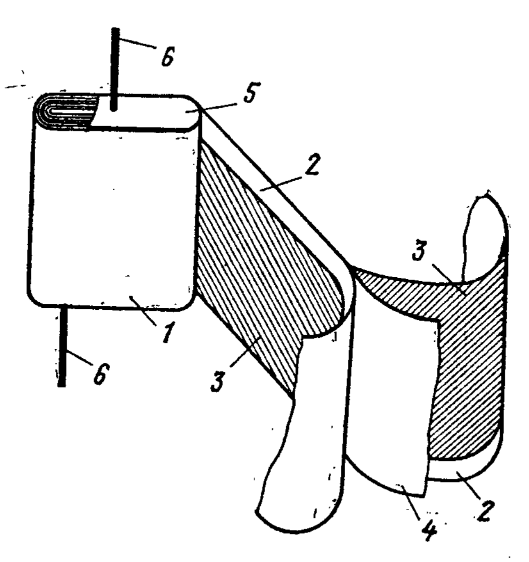


Рис. 23. Секция металлобумажного конденсатора.

1 — намотанная секция; 2 — неметаллизированная полоска бумаги; 3 — металлизация; 4 — неметаллизированная конденсаторная бумага; 5 — контактные полоски; 6 — выводы.

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА МБГ

Одним из первых типов металлобумажных конденсаторов, получивших широкое распространение, являются конденсаторы типа МБГ (металлобумажные герметизированные). Внешний вид их показан на рис. 24.

Конденсаторы типа МБГ выпускают с номинальными напряжениями от 160 до 1 500 *в* в плоских типа МБГП и цилиндрических типа МБГЦ корпусах. По числу слоев диэлектрика конденсаторы могут быть однослойные на номинальные напряжения 160, 200, 250 и 500 *в* и многослойные на номинальные напряжения 400, 600, 1 000 и 1 500 *в*. Конденсаторы в цилиндрических корпусах выпускают с одним или двумя изолированными выводами и называют соответственно МБГЦ-1 и МБГЦ-2 аналогично бумажным конденсаторам типа КБГ-$М_1$ и КБГ-$М_2$. Диапазон рабочих напряжений их от 200 до 1 000 *в*, а емкостей от 0,025 до 1 *мкф*.

Конденсаторы МБГП выпускают с пределом напряжений от 160 до 1 500 *в* и емкостей от 0,25 до 30 *мкф*. По допустимому отклонению емкости от номинальной конденсаторы имеют три класса точности: ±5, ±10 и ±20%. При крайней положительной температуре +70 °С емкость дополнительно может измениться на +5÷—10%. При крайней отрицательной температуре —60 °С — до —15%.

Конденсаторы предназначены для работы в цепях постоянного и пульсирующего токов. Однако амплитудное значение напряжения переменной составляющей в процентах от номинального напряжения не должно превышать на частоте 50 *гц* — 20%; 100 *гц* — 15%; 400 *гц* — 10%; 1 000 *гц* — 5%; 10 000 *гц* — 2%.

При этом сумма напряжений постоянной и переменной составляющих пульсирующего тока не должна превышать номинального напряжения. Тангенс угла потерь металлобумажных конденсаторов типа МБГ обычно ниже 0,01 и близок к значению tg δ для бумажных конденсаторов.

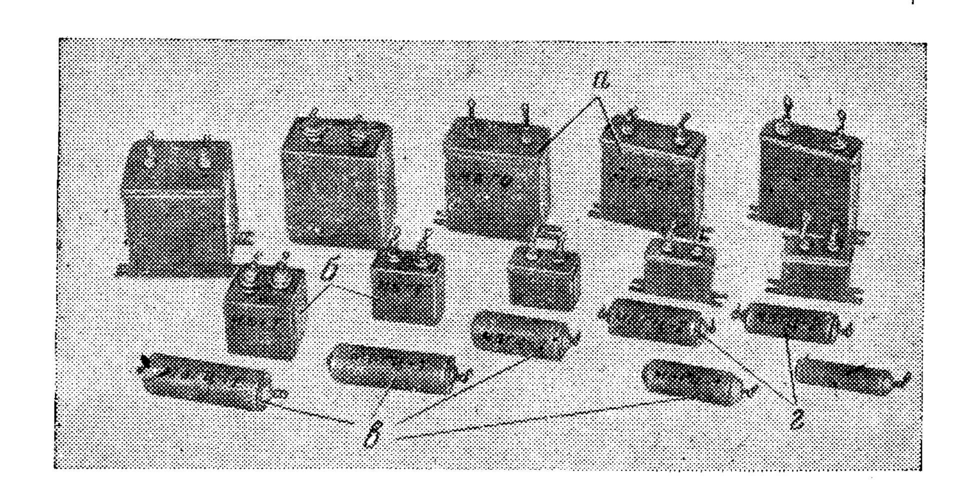


Рис. 24. Конденсаторы типа МБГ.
а — МБГО; *б* — МБГТ; *в* — МБГЦ-1; *г* — МБГЦ-2.

Постоянная времени конденсаторов нормируется в зависимости от состава диэлектрика и числа слоев бумаги. Так, для конденсаторов емкостью от 0,25 до 30 *мкф* с номинальным напряжением 160 и 250 *в* она обычно не менее 200 *Мом · мкф*. Для конденсаторов с номинальным напряжением свыше 400 *в* не менее 1 000 *Мом · мкф*. При повышении температуры постоянная времени снижается соответственно до 40 и до 50 *Мом · мкф*.

Конденсаторы допускают работу при относительной влажности воздуха до 98% и температуре 40 °С. Атмосферное давление может меняться от 5 до 780 *мм рт. ст.* для конденсаторов на номинальное напряжение до 400 *в* и от 40 до 780 *мм* напряжением свыше 400 *в*. Конденсаторы выдерживают вибрации в диапазоне частот от 25 до 75 *гц* с укорением 10 *g*.

Гарантийный срок службы конденсаторов с номинальным напряжением до 250 *в*—2 000 *ч*. Для конденсаторов с номинальным напряжением 400 *в* и выше — 6 000 *ч*.

Срок хранения у конденсаторов различных типов лежит в пределах от 3 до 8,5 лет. Номинальные емкости конденсаторов МБГ плоской и цилиндрической формы, номинальные напряжения и габаритные размеры приведены соответственно в табл. 25 и 26.

Конденсаторы МБГ
(плоские корпуса)

Номинальная емкость, *мкф*	Номинальное напряжение, *в*						
	160	200	250	400	600	1 000	1 500
	Размеры корпусов, *мм*						
0,1	—	—	—	—	11×31×25	—	—
2×0,1	—	—	—	11×31×25	—	—	—
0,25	—	—	—	11×31×25	16×31×25	—	16×46×50
2×0,25	—	11×31×25	—	—	—	—	—
0,5	—	11×31×25	—	16×31×35	31×31×25	16×46×50	26×46×50
2×0,5	11×31×25	16×31×25	26×31×25	—	—	—	—
1	11×31×25	16×31×25	26×31×25	31×31×25	16×46×50	26×46×50	46×46×50
2	21×31×25	26×31×25	16×46×50	21×46×50	31×46×50	51×46×50	86×46×50
4	31×31×25	16×46×50	26×46×50	31×46×50	56×46×50	34×60×115	47×69×115
10	21×46×50	31×46×50	56×46×50	66×46×50	47×69×115	64×69×115	107×69×115
15	31×46×50	41×46×50	—	—	—	—	—
20	41×46×50	—	—	—	—	—	—
25	—	61×46×50	—	—	—	—	—
30	61×46×50	—	—	—	—	—	—

Таблица 26

Конденсаторы МБГ
(цилиндрические корпуса)

Номинальная емкость, *мкф*	Номинальное напряжение, *в*			
	200	400	600	1 000
	Размеры корпусов*, *мм*			
0,025	—	—	11,5×38	—
0,05	—	—	11,5×38	15,5×38
0,1	—	11,5×38	15,5×38	18,5×38
0,25	11,5×38	18,5×38	18,5×50	—
0,5	15,5×38	18,5×50	—	—
1	18,5×38	—	—	—

* Первая цифра — максимальный диаметр корпуса, вторая цифра — длина корпуса.

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА МБГТ

Для работы при повышенных температурах окружающего воздуха разработаны конденсаторы типа МБГТ (металлобумажные герметизированные теплостойкие), рассчитанные на работу при температуре от —60 до +100 °С. Шкала номинальных напряжений лежит в пределах от 160 до 1 000 *в,* а номиналы емкостей от 0,1 до 20 *мкф*.

По конструкции конденсаторы МБГТ в принципе не отличаются от конденсаторов типа МБГ. Исключение составляют стальные корпуса со сварным швом. Сварной шов по сравнению с паяным (МБГ) позволил увеличить надежность герметизации конденсаторов и, следовательно, рабочую температуру.

Внешний вид конденсаторов МБГТ показан на рис. 24, номинальные емкости, номинальные напряжения и габаритные размеры — в табл. 27.

Таблица 27

Конденсаторы МБГТ

Номинальная емкость, *мкф*	Номинальное напряжение, *в*				
	160	300	500	750	1 000
	Размеры корпусов, *мм*				
0,1	—	—	—	17×30×30	30×30×30
0,25	—	—	17×30×30	30×30×30	17×45×54
0,5	—	17×30×30	30×30×30	17×45×54	25×45×54
1	17×30×30	30×30×30	20×45×54	25×45×54	45×45×54
2	30×30×30	17×45×54	30×45×54	50×45×54	85×45×54
4	20×45×54	30×45×54	60×45×54	30×65×112	45×65×112
10	45×45×54	65×45×54	45×65×112	60×65×112	105×65×100
20	80×45×54	—	—	—	—

Конденсаторы выпускаются трех классов точности с допустимыми отклонениями емкости от номинальной, равными ±5, ±10 и ±20%. Постоянная времени не ниже 1 000 *Мом · мкф*. При +85 °С постоянная времени снижается. У конденсаторов емкостью от 0,25 *мкф* и выше напряжением 160 *в* и 330 *в* до 15 *Мом · мкф*, напряжением 500 *в* и выше до 30 *Мом · мкф*. При температуре +100 °С постоянная времени снижается до 5 и 12 *Мом · мкф* соответственно. Тангенс угла потерь при частоте 50 *гц* не превышает 0,015.

Таблица 28

Конденсаторы МБГТ

Номинальное напряжение, *в*	Допустимое рабочее напряжение при температуре до 85 °С, *в*
160	250
300	500
500	750
750	1 000
1 000	1 300

В случае использования конденсаторов при температуре окружающего воздуха до +85 °С рабочее напряжение на них может быть повышено до величины, приведенной в табл. 28.

При работе конденсаторов в цепях пульсирующего тока амплитудное значение переменной составляющей напряжения в процентах от номинального напряжения не должно превышать величин, установленных для конденсаторов типа МБГ.

Гарантийный срок службы конденсаторов при температуре +100 °С—1 500 *ч*, при температуре до +85 °С—4 000 *ч*. Срок хранения 12 лет.

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА МБГО

Конденсаторы металлобумажные герметизированные с однослойным диэлектриком разработаны на номинальное напряжение от 160 до 600 *в* и емкостью от 0,25 до 30 *мкф* и предназначены для замены там, где позволяют габариты и емкости электролитических конденсаторов. Шкала номинальных емкостей, номинальных напряжений и размеры приведены в табл. 29.

Таблица 29

Конденсаторы МБГО

Номинальная емкость, *мкф*	Номинальное напряжение, *в*				
	160	300	400	500	600
	Размеры конденсаторов, *мм*				
0,25	—	—	—	—	25×31×11
0,5	—	—	—	25×31×11	25×31×16
1	—	25×31×11	25×31×16	25×31×21	25×31×26
2	25×31×16	25×31×21	25×31×26	50×46×11	50×46×16
4	25×31×21	50×46×11	50×46×16	50×46×21	50×46×26
10	50×46×16	50×46×21	50×46×31	50×46×41	50×46×56
20	50×46×31	50×46×41	50×46×61	50×46×76	—
30	50×46×41	50×46×56	—	—	—

Конденсаторы МБГО выпускают в плоских металлических корпусах со стеклянными изоляторами. В зависимости от способа крепления конденсаторы подразделяют на два вида: МБГО-1, которые крепятся в аппаратуре скобой, и МБГО-2, крепление которых осуществляется с помощью фланцев, приваренных ко дну корпуса конденсатора. Указанные способы крепления позволяют выдерживать вибрации в диапазоне частот от 25 до 75 *гц* с ускорением до 10 *g*.

Основные электрические характеристики конденсаторов МБГО в нормальных условиях, а именно: тангенс угла потерь, постоянная времени, допустимое отклонение емкости от номинальной и допустимое значение переменной составляющей на конденсаторах при работе их в цепях пульсирующего тока, не отличаются от характеристик однослойных конденсаторов типа МБГ.

Температурный диапазон конденсаторов от —60 до +60 °С. Допускается использование их при относительной влажности воздуха до 98% и температуре +40 °С. Срок службы конденсаторов не менее 2 000 *ч*, причем емкость конденсаторов за это время не должна изменяться больше чем на ±10%, а сопротивление изоляции должно быть не менее 60 *Мом · мкф*.

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА К42У-2

Малогабаритные герметизированные металлобумажные конденсаторы типа К42У-2 (рис. 25) разработаны для замены общеизвестных конденсаторов МБМ, которые нашли широкое применение в радиоэлектронной аппаратуре, однако в настоящее время не

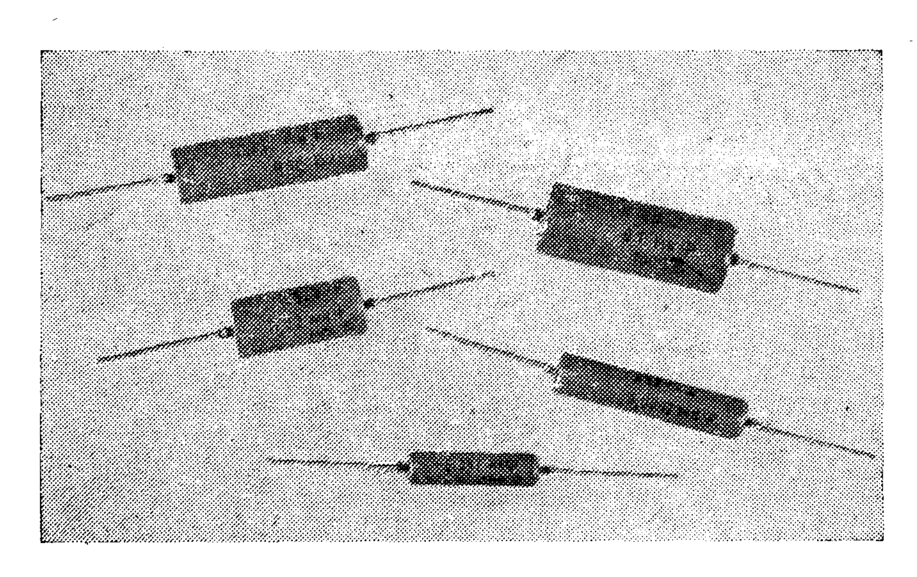


Рис. 25. Конденсаторы типа К42У-2.

удовлетворяют современным требованиям эксплуатации в условиях воздействия влажности и более высоких механических нагрузок.

Электрические характеристики конденсаторов К42У-2 в основном такие же, как и у конденсаторов МБМ. Шкала номинальных напряжений, емкостей и габаритные размеры приведены в табл. 30.

Таблица 30

Конденсаторы К42У-2

Номинальная емкость, *мкф*	Номинальное напряжение, *в*											
	160		250		400		630		1 000		1 600	
	Размеры конденсаторов*, *мм*											
	D	*L*	*D*	*L*	*D*	*L*	*D*	*L*	*D*	*L*	*D*	*L*
0,0047	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	36
0,0068	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	36
0,01	—	—	—	—	—	—	—	—	8	36	8	36
0,015	—	—	—	—	—	—	7	24	8	36	10	36
0,022	—	—	—	—	—	—	8	24	8	36	11	36
0,033	—	—	—	—	9	24	8	36	9	36	13	36
0,047	6	24	8	24	10	24	9	36	10	36	16	36
0,068	—	—	8	24	8	36	10	36	13	36	16	50
0,1	8	24	9	24	10	36	11	36	14	36	18	50
0,15	10	24	8	36	11	36	14	36	14	50	—	—
0,22	11	24	10	36	13	36	16	36	18	50	—	—
0,33	9	36	11	36	16	36	—	—	—	—	—	—
0,47	10	36	13	36	14	50	—	—	—	—	—	—
0,68	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,0	14	36	16	50	—	—	—	—	—	—	—	—

D — диаметр конденсатора; *L* — длина корпуса (без учета длины выводов).

Конденсаторы рассчитаны на эксплуатацию в цепях постоянного, переменного и пульсирующего токов в интервале температур от —60 до 70 °С (при номинальном напряжении 160 *в*) и в интервале температур —60÷+100 °С (при номинальном напряжении 250 *в* и выше). В зависимости от срока службы и температуры окружаю-

Таблица 31

Конденсаторы К42У-2

Номинальное напряжение, *в*	Срок службы, *ч*										
	5 000		4 000	1 000			500			50	
	Температура, °С										
	70 и менее	70—85	85—100	70 и менее	70—85	85—100	70 и менее	70—85	100 и менее	85 и менее	85—100
	Допустимое напряжение, *в*										
160	160	—	—	170	—	—	200	—	—	—	—
250	250	200	100	300	230	130	350	250	160	300	200
400	400	250	150	450	350	200	500	400	250	500	400
630	630	500	300	700	550	350	750	630	400	700	650
1 000	1 000	800	500	1 100	900	700	1 200	1 000	750	1 200	900
1 600	1 600	1 300	800	1 700	1 500	900	1 800	1 600	1 000	1 700	1 200

щей среды допустимое напряжение на конденсаторах относительно номинального может изменяться в пределах, указанных в табл. 31.

При работе конденсаторов в цепях переменного синусоидального тока частотой до 1 000 *гц* действующее значение напряжения, как и у конденсаторов МБМ, должно быть не более 60 *в* для конденсаторов с номинальным напряжением 160 и 250 *в*, 100 *в* — с номинальным напряжением 400 и 630; 150 *в* — с номинальным напряжением 1 000 и 1 600 *в*. При работе конденсаторов в цепях пульсирующего тока амплитуда напряжения переменной составляющей та же, что и для конденсаторов МБГ. Конденсаторы выпускают двух классов точности с допустимыми отклонениями действительной емкости от номинальной ±10 и ±20%. В процессе эксплуатации в течение сроков, указанных в табл. 31, емкость конденсаторов может изменяться от величин, маркированных на корпусе, но не более чем на ±10%.

При нормальной окружающей температуре тангенс угла потерь не более 0,015, а постоянная времени не менее 200 *Мом·мкф* для конденсаторов с номинальным напряжением 160 *в* и 100 *Мом·мкф* при напряжении свыше 250 *в*. С увеличением температуры до +100 °С тангенс угла потерь возрастает до 0,1, а постоянная времени снижается до 12 *Мом·мкф* (приведенные данные относятся к конденсаторам, емкость которых превышает 0,15 *мкф*).

Конструкция конденсаторов позволила значительно по сравнению с конденсаторами МБМ увеличить механические нагрузки. Так, конденсаторы К42У-2 при креплении их в аппаратуре за корпус выдерживают вибрации в диапазоне частот от 5 до 2 500 *гц* с ускорением до 20 *g*.

ПЛЕНОЧНЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ

Пленочными называют конденсаторы с диэлектриком из синтетических плёнок. Пленка из полистирола используется, например, в конденсаторах К70 и К71, причем конденсаторы типа К70—с фольговыми обкладками, К71 — с металлизированными. Широко применяют при изготовлении конденсаторов пленки из фторопласта (конденсаторы К72), полиэтилентерефталата (конденсаторы К73) и других материалов. Наиболее важное свойство полистирольных конденсаторов — их исключительно высокое сопротивление изоляции, низкая диэлектрическая абсорбция, в результате чего они способны запасать электрический заряд и полностью отдавать его по мере надобности. Конденсаторы с такими свойствами могут быть использованы в цепях точной выдержки времени, для интегрирующих цепей и для настроенных контуров с высокой добротностью. Полистирольные конденсаторы выпускают с малым отклонением емкости от номинальной ±1%.

Полистирольные конденсаторы могут работать как на постоянном токе, так и в полях высокой частоты.

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА ПМ

Все пленочные конденсаторы изготавливают подобно бумажным конденсаторам с фольговыми или металлизированными обкладками, а в качестве диэлектрика используют органические, полярные или неполярные пленки. Одним из представителей полистирольных конденсаторов является конденсатор типа ПМ.

Малогабаритный конденсатор ПМ состоит из двух полосок алюминиевой фольги — обкладки, отделенных друг от друга слоем полистирольной пленки. Обкладки вместе с диэлектриком на оправке намоточного станка свернуты в рулон (секцию). Выводы от обкладок сделаны из тонких медных проволочек, заложенных между обкладками и диэлектриком. После сварки конденсатор несколько часов прогревается при высокой температуре. При этом пленка дает усадку, обеспечивая плотное прилегание ее к обкладке, устраняются воздушные включения между пленкой и обкладкой, а торцы секций спекаются. Подобная технология значительно улучшает стабильность конденсатора.

Конденсаторы типа ПМ выпускаются промышленностью двух видов: ПМ-1 и ПМ-2. В отличие от конденсаторов ПМ-1, которые являются конденсаторами открытого типа, намотанные секции конденсаторов ПМ-2 устанавливают в цилиндрические алюминиевые корпуса, которые с торцов уплотняют текстолитовыми шайбами и заливают компаундом на основе эпоксидной смолы. Внешний вид их напоминает конденсаторы типа МБМ. Такие конденсаторы работоспособны при относительной влажности воздуха до 98%, в то время как неуплотненные, открытого типа конденсаторы ПМ-1 могут работать при относительной влажности воздуха не выше 80%.

Диаметр корпуса конденсаторов ПМ-2 не превышает 11 *мм*, а его длина не более 24 *мм*. Диаметр конденсатора ПМ-1 не превышает 10 *мм* при длине не более 18 *мм*. Конденсаторы допускают

Таблица 32

Конденсаторы ПМ-1, ПМ-2

<table>
<tr><th rowspan="3">Пределы номинальных емкостей</th><th colspan="6">Габаритные размеры и масса</th></tr>
<tr><th colspan="3">ПМ-1</th><th colspan="3">ПМ-2</th></tr>
<tr><th>Диаметр, мм</th><th>Длина, мм</th><th>Масса, г</th><th>Диаметр, мм</th><th>Длина, мм</th><th>Масса, г</th></tr>
<tr><td>100; 300; 510 пф</td><td>3,4</td><td>9</td><td>0,4</td><td>4</td><td>14</td><td>0,8</td></tr>
<tr><td>750; 1 000 пф</td><td>4</td><td>11</td><td>0,5</td><td>5</td><td>16</td><td>1,0</td></tr>
<tr><td>1 100; 1 200; 1 300; 1 500 пф</td><td rowspan="2">5,5</td><td>12</td><td>0,8</td><td rowspan="2">6</td><td>18</td><td>2,0</td></tr>
<tr><td>1 600; 1 800; 2 000; 2 200 пф 2 400 пф</td><td rowspan="6">18</td><td>1,2</td><td rowspan="6">24</td><td>2,5</td></tr>
<tr><td>2 700; 3 000; 3 300 пф</td><td>6</td><td>1,6</td><td rowspan="2">7,5</td><td rowspan="2">3,0</td></tr>
<tr><td>3 600; 3 900 пф</td><td>6,7</td><td>1,8</td></tr>
<tr><td>4 300; 4 700; 5 100; 5 600 пф</td><td>7,5</td><td>2,0</td><td>8,5</td><td>3,5</td></tr>
<tr><td>6 200; 6 800; 7 500; 8 200 пф</td><td>9</td><td>2,3</td><td>10</td><td>4,0</td></tr>
<tr><td>9 100 пф; 0,01 мкф</td><td>10</td><td>2,5</td><td>11</td><td>4,5</td></tr>
</table>

эксплуатацию их в условиях вибрации, создающей ускорение до 10 *g*, при этом они должны быть жестко закреплены к шасси аппаратуры при помощи хомутов.

Конденсаторы разработаны на номинальное напряжение постоянного тока 60 *в* и предназначены для работы в цепях постоянного, переменного и пульсирующего токов в интервале температур от —60 до +70 °С.

При работе конденсаторов в цепях переменного тока эффективное значение напряжения не должно превышать номинального напряжения.

Диапазон номинальных емкостей конденсаторов ПМ-1 и ПМ-2 от 100 *пф* до 0,01 *мкф*. Допустимые отклонения действительной емкости от номинальной составляют ±5% для конденсаторов I класса, ±10% для конденсаторов II класса и ±20% для конденсаторов III класса точности.

Номинальные емкости конденсаторов ПМ-1 и ПМ-2, их габаритные размеры и масса приведены в табл. 32. Тангенс угла потерь в нормальных условиях для конденсаторов ПМ-1 емкостью до 1 000 *пф* не должен превышать $10 \cdot 10^{-4}$ и быть не более $15 \cdot 10^{-4}$ при температуре +70 °С.

Для конденсаторов ПМ-2 емкостью 1 100 *пф* и выше тангенс угла потерь не более $15 \cdot 10^{-4}$ при нормальных условиях и не более $20 \cdot 10^{-4}$ при +70 °С, температурный коэффициент емкости конденсаторов в интервале различных температур от +20 до +70 °С должен быть не более минус $200 \cdot 10^{-6}$ *град*$^{-1}$.

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА К70-6

Конденсаторы этого типа являются наиболее современными пленочными полистирольными конденсаторами. По своей конструкции, внешнему виду (рис. 26) и технологии изготовления они анало-

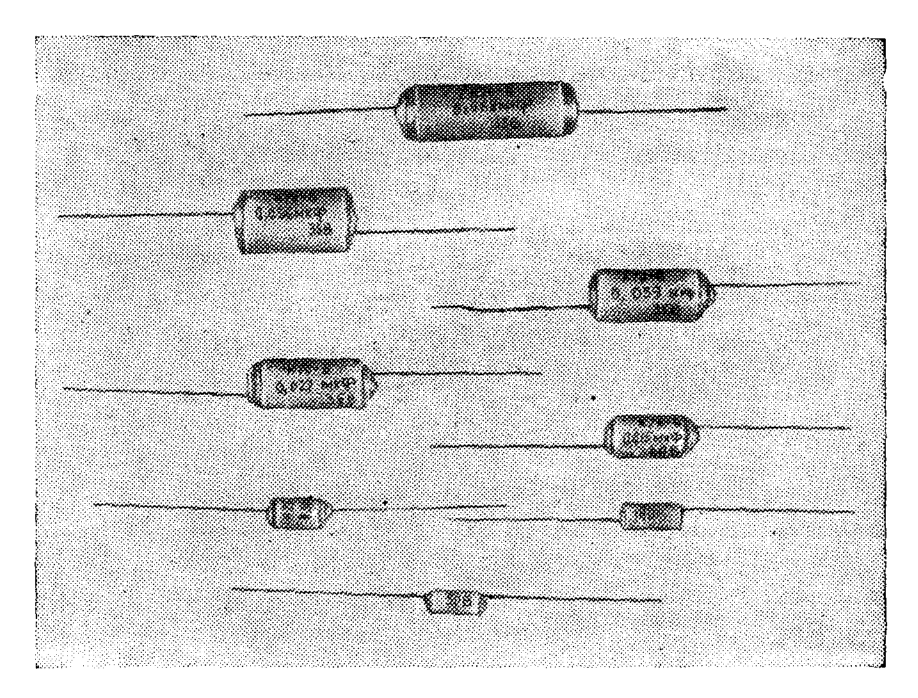


Рис. 26. Конденсаторы типа К70-6.

гичны конденсаторам ПМ-1. Конденсаторы К70-6 изготовлены из более тонкой пленки, что позволило по сравнению с конденсаторами ПМ значительно уменьшить габаритные размеры и массу, а также увеличить верхний предел рабочей температуры до +85 °С. Срок службы их увеличен до 5 000 *ч*.

Конденсаторы К70-6 выпускают на номинальное напряжение 35 и 50 *в*. Рассчитаны на работу в цепях постоянного, переменного и пульсирующего напряжений.

Конденсаторы К70-6 включают в себя 45 типономиналов с емкостью от 22 *пф* до 0,1 *мкф* по шкале Е12 ГОСТ 2519-67. Имеют три класса точности: ±5, ±10 и ±20%. Номинальные емкости конденсаторов, их габаритные размеры и масса приведены в табл. 33.

Температурный коэффициент емкости в интервале рабочих температур, постоянная времени, тангенс угла потерь и другие электри-

Таблица 33

Конденсаторы К70-6

Номинальная емкость	Единица измерения	Номинальное напряжение, *в*	Размеры, *мм*		Масса, *г*
			Диаметр	Длина	
0,018	*мкф*	35	8	23	3
0,022; 0,027			10		4
0,033; 0,039			11		
0,047; 0,056			13		7
0,068			10	33	
0,082; 0,1			13		
22; 27; 33; 39; 47; 56; 68; 82	*пф*	50	3	10	0,3
100; 120; 150; 180; 220				12	
270; 330; 390; 470			4		0,4
1 200; 1 500; 1 800; 2 200; 2 700			5		0,5
3 300; 3 900; 4 700; 5 600			6		0,8
6 800; 8 200			7	18	1,5
0,01; 0,012; 0,015	*мкф*				2,5

ческие характеристики такие же, как у конденсаторов типа ПМ. При креплении конденсаторов за корпус они выдерживают вибрации в диапазоне частот от 5 до 1 000 *гц* с ускорением 7,5 *g*.

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА МПО, МПГ-Ц, МПГО, МПГ-П

У конденсаторов этого типа, как и у конденсаторов металлобумажных, в качестве обкладок вместо фольги используется тонкий слой металла, нанесенный на спиральную пленку.

Конденсаторы МПО — металлопленочные однослойные, выпускают на номинальное напряжение от 250 до 600 *в*.

Конденсаторы МПГ-Ц — металлопленочные многослойные с номинальными напряжениями 500 и 1 000 *в*.

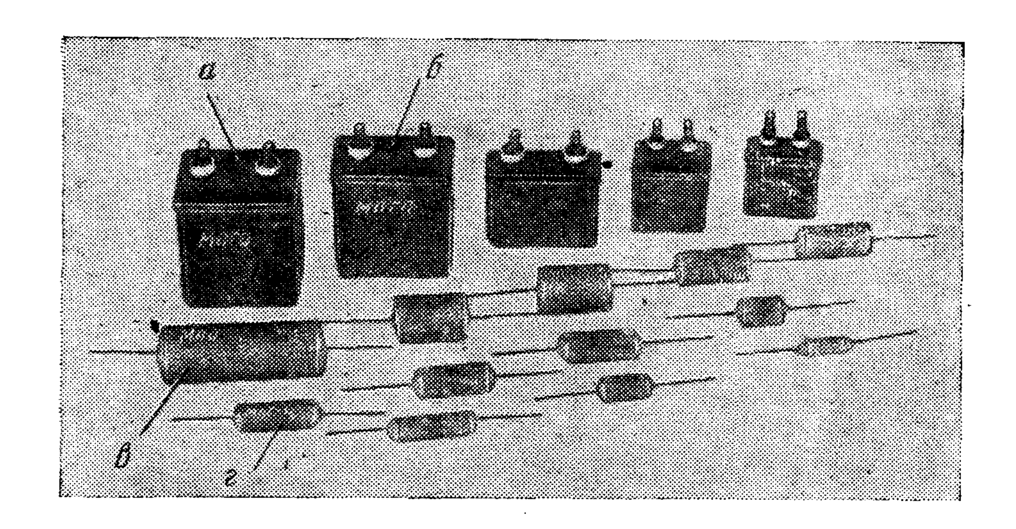


Рис. 27. Металлопленочные конденсаторы.
а — типа МПГО; *б* — типа МПГЦ; *в* — типа МПО; *г* — типа МПГ-I.

Оба типа конденсаторов, как и МБМ, выполнены в цилиндрических корпусах, торцы которых залиты эпоксидным компаундом. Выводы осевые проволочные.

Конденсаторы МПГО — однослойные и многослойные МПГ-П выполнены в герметизированных прямоугольных корпусах с номинальными напряжениями от 160 до 600 *в* — однослойные и от 250 до 1 000 *в* — многослойные. Внешний вид конденсаторов показан на рис. 27, а номинальные емкости, класс точности, номинальные напряжения, габаритные размеры и масса в табл. 34.

Конденсаторы предназначены для работы в цепях постоянного, переменного и пульсирующего токов в интервале температур от —60 до +60 °С, относительной влажности воздуха до 98% при температуре +40 °С. Тангенс угла потерь конденсаторов не более $15 \cdot 10^{-4}$, а сопротивление изоляции между выводами при нормальной температуре не менее 10 000 *Мом* для конденсаторов номинальной емкостью до 0,1 *мкф* и 10 000 *Мом·мкф* для конденсаторов номинальной емкостью от 0,2 *мкф* и выше. Коэффициент абсорбции конденсаторов обычно не более 0,3%. Температурный коэффициент емко-

Таблица 34

Конденсаторы МПО, МПГ-Ц, МПГ-П, МПГО

Вид конденсатора	Номинальное напряжение, *в*	Пределы номинальных емкостей	Допустимые отклонения емкости, %	Размеры, *мм*			Масса, *г*
				Диаметр		Длина	
МПО	250; 400 600	1 000—6 800 *пф* 0,01—0,5 *мкф*	±5; ±10; ±20	6—21		21—62	3—70
МПГ-Ц	500; 1 000	3 000—9 100 *пф* 0,01—0,1 *мкф*	±2; ±5; ±10; ±20	10—18		36	10—15
				L	*B*	*H*	
МПГ-П	250; 500; 1 000	0,015—0,05 *мкф*	±0,2; ±0,5; ±1; ±2; ±5; ±10; ±20	31—66	16—81	31—75	50—600
		1; 2 *мкф*	±0,1; ±0,2; ±0,5; ±1; ±5; ±10; ±20				
МПГО	160; 250; 400; 600	0,1—0,5 *мкф* 4—10 *мкф*	±0,2; ±0,5; ±1; ±2; ±5; ±10; ±20	31—66	26—104	31—75	80—850
		1—2 *мкф*	±0,1; ±0,2; ±0,5; ±1; ±2; ±5; ±10; ±20				

сти ТКЕ в интервале температур от —60 до +60 °С не более $200 \cdot 10^{-6}$ $град^{-1}$. При повышенной температуре +60 °С сопротивление изоляции конденсаторов емкостью от 0,2 *мкф* и выше снижается вдвое. Тангенс угла потерь растет незначительно.

При использовании конденсаторов в цепях переменного или пульсирующего тока амплитуда напряжения не должна превышать значений, приведенных в табл. 35.

Цилиндрические конденсаторы выдерживают вибрации в диапазоне частот от 5 до 600 *гц* с ускорением до 10 *g*, в прямоугольных корпусах (МПГО, МПГП) в диапазоне от 5 до 80 *гц* с ускорением до 10 *g* или в диапазоне от 5 до 200 *гц* с ускорением 4 *g*. Срок службы у конденсаторов различен и составляет 2 000 *ч* для МПО, 3 000 *ч* для МПГ-Ц и МПГО, 10 000 *ч* для МПГ-П.

Срок хранения для всех конденсаторов 12 лет.

Таблица 35

Номинальное напряжение, *в*	Частота, *кгц*: до 0,5	свыше 0,5 до 10	свыше 10 до 1 000
	Амплитуда напряжения переменного тока или переменной составляющей пульсирующего тока, *в*		
160	100	20	—
250	200	100	—
400	250	100	20
500, 600	250	100	50
1 000	250	100	50

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА К71П-2

Малогабаритные металлопленочные конденсаторы этого типа предназначены для аппаратуры с печатным монтажом. Секции конденсаторов размещены в алюминиевых корпусах прямоугольной формы и залиты эпоксидной смолой. Конденсаторы имеют четыре проволочных вывода. Два из них, более длинные, являются контактными выводами, двумя другими — короткими — конденсатор крепится на плате. При таком способе крепления конденсаторы выдерживают вибрации в диапазоне частот от 5 до 2 000 *гц* с ускорением до 10 *g*.

Таблица 36

Конденсаторы К71П-2

<table>
<tr><th rowspan="3">Номинальная емкость, мкф</th><th colspan="5">Частота, гц</th></tr>
<tr><th>до 10^4</th><th>от 10^4 до $5\cdot10^4$</th><th>от $5\cdot10^4$ до 10^5</th><th>от 10^5 до $5\cdot10^5$</th><th>от $5\cdot10^5$ до 10^6</th></tr>
<tr><th colspan="5">Амплитуда напряжения переменного тока или переменной составляющей пульсирующего тока, в</th></tr>
<tr><td>0,01—0,012</td><td rowspan="5">100</td><td rowspan="3">100</td><td>90</td><td>40</td><td>20</td></tr>
<tr><td>0,015—0,022</td><td>75</td><td>30</td><td>10</td></tr>
<tr><td>0,027—0,033</td><td>65</td><td>20</td><td>8</td></tr>
<tr><td>0,039—0,068</td><td>80</td><td>55</td><td>10</td><td>4</td></tr>
<tr><td>0,082—0,1</td><td>65</td><td>50</td><td>7</td><td>3</td></tr>
</table>

Конденсаторы выпускаются на номинальное напряжение постоянного тока 100 *в*. Однако они могут работать и в цепях переменного или пульсирующего тока с частотой до 1 *Мгц*. При этом амплитуда напряжения не должна превышать значений, приведенных в табл. 36.

Таблица 36а

Конденсаторы К71П-2

Номинальная емкость, *мкф*	Размеры, *мм*			Масса, *г*
	H	*B*	*C*	
0,01; 0,012	15	11	6	5
0,015; 0,018; 0,022	18	11	6	6
0,027; 0,033	22	11	6	7
0,039; 0,047; 0,056; 0,068	18	22	12	9
0,082; 0,1	22	22	12	10

Конденсаторы включают в себя 13 типономиналов с номинальными емкостями от 0,01 до 0,1 *мкф*. Шкала номинальных емкостей и размеров корпусов приведена в табл. 36а, а габаритные размеры на рис. 28. Конденсаторы допускают отклонение действительной емкости от номинальной ±5, ±10 и ±20%. Сопротивление изоляции между выводами не менее 50 000 *Мом*, а тангенс угла потерь не более $15 \cdot 10^{-4}$; ТКЕ конденсаторов в интервале температур от —60 до +85 °С не больше $120 \cdot 10^{-6}$ *град*$^{-1}$. При температуре +85 °С тангенс угла потерь увеличивается до $2 \cdot 10^{-3}$, а сопротивление изоляции снижается до 1 000 *Мом*.

Срок службы 5 000 *ч*, срок хранения 12 лет.

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА К73П-3

Металлопленочные малогабаритные конденсаторы типа К73П-3 по конструктивному оформлению и внешнему виду не отличаются от конденсаторов К71П-2. На рис. 28 показаны габаритные размеры конденсаторов, а в табл. 37 в соответствии с размерами приведены номинальные емкости.

Конденсаторы выпускают на номинальное напряжение 160 *в*. Рабочий интервал температур от —60 до +120 °С. Однако следует иметь в виду, что номинальное напряжение на конденсаторы (160 *в*) можно подавать при температуре окружающего воздуха не выше +70° С. С повышением температуры напряжение на конденсаторах должно снижаться в следующем порядке: в интервале температур от +70 до +85 °С со 160 до 125 *в*, в интервале от 85 до 100 °С со 125 до 100 *в* и при крайней положительной температуре +125 °С напряжение снижается до 60 *в*.

Кроме постоянного тока, конденсаторы могут работать в цепях переменного и пульсирующего токов. При этом амплитуды напряжения в зависимости от частоты не должны превышать 35% на частотах до 1 000 *гц*, 25% до 5 000 *гц*, 20% до 10 000 *гц*, 5% до 20 000 *гц*.

Сопротивление изоляции конденсаторов при температуре +20 °С емкостью от 0,05 до 0,15 *мкф* не менее 2 500 *Мом*, емкостью от 0,25 до 1 *мкф* не менее 500 *Мом · мкф*. Тангенс угла потерь $15 \cdot 10^{-3}$. С повышением температуры до +125 °С сопротивление изоляции снижается соответственно до 150 *Мом* и 30 *Мом · мкф*, а тангенс увеличивается вдвое.

Конденсаторы изготовляют с допустимыми отклонениями действительной емкости от номинальной: ±10 и ±20%. При крайней отрицательной температуре емкость может измениться на —15%, а при крайней положительной от —5 до +18%. При креплении конденсаторов за выводы они выдерживают вибрации в диапазоне

Рис. 28. Конструкция конденсаторов К71П-2.

Таблица 37

Конденсаторы К73П-3

Номинальная емкость, *мкф*	Размеры, *мм*			Масса, *г*
	H	*B*	*C*	
0,05	10	11	6	3
0,1	15	11	6	3,7
0,15	18	11	6	4,5
0,25	18	11	6	5
0,5	15	22	12	7,5
1	22	22	12	10

частот от 5 до 2 000 *гц* с ускорением до 10 *g*.

Срок службы конденсаторов находится в прямой зависимости от окружающей температуры и равен 5 000 *ч* при $t = +70$ °С, 2 000 *ч*, при $t = +85$ °С, 1 000 *ч* при $t = 125$ °С.

Срок хранения 11 лет.

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА К74-5

В конденсаторах типа К74-5, предназначенных для печатного монтажа (рис. 29), диэлектриком является пленка из полиэтилентерефталата (лавсан). Конденсаторы выпускают на номинальное напряжение 50 *в*, но они могут работать и при напряжении 100 *в* при условии сокращения срока службы с 5 000 до 100 *ч*. Конденсаторы рассчитаны на работу в цепях постоянного и пульсирующего тока в интервале температур от —20 до +70 °С. Конденсаторы

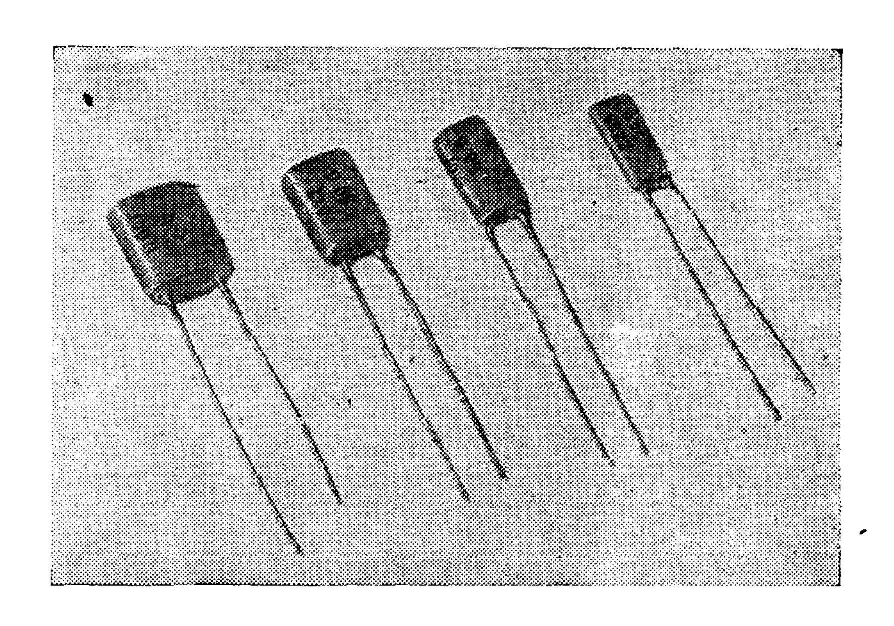


Рис. 29. Конденсаторы типа К74-5.

включают в себя 15 типономиналов емкостью от 1 000 *пф* до 0,22 *мкф*. Конденсаторы емкостью 1 000—6 800 *пф* имеют габаритные размеры не более 5,5 × 2,5 × 13,5 *мм*, емкостью от 0,01 до 0,22 *мкф* — от 6,5 × 3,5 × 13,5 до 16,5 × 10,5 × 17 *мм*. Допустимое отклонение действительной емкости от номинальной ±10 и ±20%. При работе конденсаторов в цепях пульсирующего тока амплитуда напряжения переменной составляющей не должна превышать 25% при частоте пульсации до 1 000 *гц*, 10% при частоте от 1 000 до 5 000 *гц*, 5% при частоте от 5 000 до 10 000 *гц* и 2,5% при частоте от 10 000 до

20 000 *гц*. Тангенс угла потерь в нормальных условиях не должен быть больше 0,01.

При крайних температурах окружающей среды —20 и +70 °С емкость конденсаторов не должна отличаться от измеренной в нормальных условиях более чем на ±5%, а тангенс угла потерь не должен превышать 0,01 при +70 °С и 0,02 при —20 °С.

Конденсаторы имеют прямоугольную форму и уплотнены эпоксидным компаундом. Выводы конденсаторов проволочные, однонаправленные, что удобно при использовании их в схемах с печатным монтажом. Конденсаторы работоспособны при относительной влажности воздуха 98% при +20 °С, в условиях вибрации в диапазоне частот 5—80 *гц* с ускорением не более 4 *g*. Конденсаторы выдерживают ударную нагрузку с ускорением до 12 *g*.

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА К74-8

В конденсаторах типа К74-8 (рис. 30), так же как и в конденсаторах К74-5, диэлектриком между фольговыми обкладками является полиэтилентерефталатная пленка, но их отличие состоит в том, что конструктивно их выпускают как в обычном, так и в тропическом вариантах. Для защиты конденсаторов от влаги секции с припаянными выводами помещают в пластмассовые корпуса прямоугольной или цилиндрической формы. В своем дне корпу-

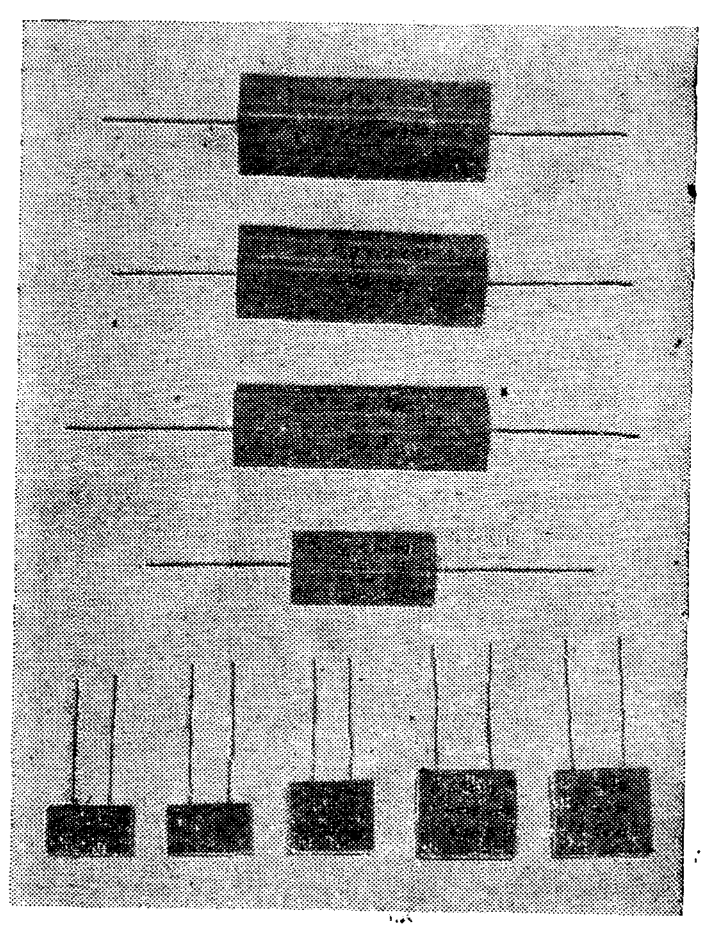


Рис. 30. Конденсаторы типа К74-8.

са прямоугольной формы имеют отверстия, через которые пропущены выводы с жестко заданными между ними размерами, что создает удобство при использовании конденсаторов в схемах с печатным монтажом. Корпуса цилиндрической формы с выводами в разные стороны предназначены для навесного монтажа с жестким креплением их на корпус. Уплотнение конденсаторов со стороны выводов и второго торца осуществляется соответствующими компаундами, которые после нагревания полимеризуются в монолитную массу.

Таблица 38

Конденсаторы К74-8

Номинальная емкость, *мкф*	Номинальное напряжение, *в*	Размеры, *мм*			Масса, *г*
		Ширина	Толщина	Высота	
0,1—0,25	50	18	9—12	16—18	6—8
1 000—6 800 *пф* 0,01—0,1	100	15—18	5—12	9—18	2—8
1 000—6 800 *пф* 0,01—0,068	200	15—18	5—12	9—18	2—8
1 000—6 800 *пф* 0,01—0,047	400	15—18	5—13	9—21	2—9
1 000—6 800 *пф* 0,01—0,022	630	15—18	5—11	9—17	2—8

Конденсаторы рассчитаны на пять групп номинальных напряжений: 50, 100, 200, 400, 630 *в* и емкостью от 1 000 *пф* до 1 *мкф* с отклонениями действительной емкости от номинальной ±10, ±20 и ±30%. Предназначены конденсаторы для работы в интервале температур от —60 до +85 °С в условиях постоянного и пульсирующего токов. Номинальные напряжения, емкость, габаритные размеры и масса конденсаторов прямоугольной и цилиндрической формы приведены в табл. 38 и 39 соответственно.

Таблица 39

Конденсаторы К74-8

Номинальная емкость, *мкф*	Номинальное напряжение, *в*	Размеры, *мм*		Масса, *в*
		Диаметр	Высота	
0,33—1,0	50	15—17	27—49	11—22
0,15—0,68	100	15—18		11—25
0,1—0,47	200	14—18		9—25
0,068—0,33	400	15—19		11—27
0,033—0,22	630	15—20		11—35

При работе конденсаторов в цепях пульсирующего тока амплитуда напряжения переменной составляющей при частоте 50 *гц* должна быть не более 20% номинального напряжения, при частоте 500 *гц* не больше 7,5%, при частоте до 1 000 *гц* не больше 5% и свыше 1 000 до 10 000 *гц* не больше 2,5%, однако сумма амплитуды

напряжения переменной составляющей и величины напряжения постоянного тока не должна превышать номинального напряжения.

Тангенс угла потерь при нормальной температуре не более 0,01. При крайних температурах окружающей среды емкость конденсаторов может изменяться до ±10%, а тангенс угла потерь должен быть не более 0,015. Конденсаторы работоспособны при относительной влажности воздуха до 98% при температуре +40 °С, выдерживают вибрации в диапазоне частот от 5 до 200 *гц* с ускорением 4 *g* и многократные удары с ускорением до 15 *g*.

Срок службы конденсаторов К74-8 установлен до 6 000 *ч*.

КЕРАМИЧЕСКИЕ КОНДЕНСАТОРЫ

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА К10-7

В последние годы в связи с развитием полупроводниковой техники и значительным уменьшением рабочих напряжений (до 10—30 *в*) широкое распространение получили керамические конденсаторы на основе тонких пленок. Такие конденсаторы конструктивно просты, технологичны и дешевы. К ним относятся и конденсаторы серии К10-7. В зависимости от номинального напряжения конденсаторы изготавливают двух видов — К10-7А и К10-7В (рис. 31).

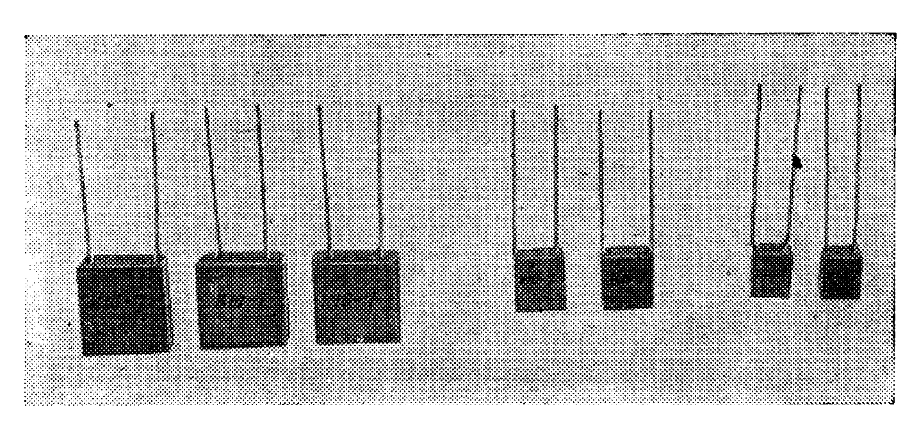


Рис. 31. Конденсаторы типа К10-7

Конденсаторы серии К10-7А (ОЖО.460.058ТУ) представляют собой прямоугольную пластину с нанесенными на плоскости серебряными электродами с зазором по краю. В блок конденсатора собирается не более трех пластин, причем только для блока самого большого видоразмера. Остальные видоразмеры конденсаторов состоят из одной пластины, что значительно повышает их технологичность.

Конденсаторы серии А имеют толщину пленки порядка 0,35—0,40 *мм* и рассчитаны на рабочее напряжение до 250 *в*. Конденсаторы серии В (ГОСТ 5.621-70) относятся к так называемой «беззазорной» конструкции, т. е. они не имеют межэлектродных промежутков на плоскости пластины.

Эта особенность конструкции конденсаторов позволяет полностью использовать объем керамического диэлектрика, что значительно повышает их удельную емкость.

Сравнение конденсаторов К10-7 с другими конденсаторами по пределам номинальных емкостей и удельной емкости показывает, что среди отечественных керамических конденсаторов того же класса они уступают только конденсаторам типа КМ. Однако, поскольку межэлектродные промежутки у конденсаторов весьма малы (зазор равен толщине керамической пленки, т. е. 0,18—0,22 *мм*), рабочее напряжение конденсаторов К10-7В не превышает 50 *в*. Максимальное номинальное напряжение для конденсаторов К10-7А составляет 500 *в*.

Таблица 40

Конденсаторы К10-7

Вид конденсатора	Группа по ТКЕ	Номинальное напряжение, *в*	Номинальная емкость, *пф*	Допустимая реактивная мощность, *вар*	Габаритные размеры, *мм*	Масса, *г*
К10-7В	М47 М75 М750 М1500 Н30 Н70 Н90	25	22—270 22—270 47—680 68—1000 6800—0,01 *мкф* 1 500—0,022 *мкф* 3 300—0,047 *мкф*	20—100	От 4×4×3,5 до 12×12×4,5	От 1 до 2,5
К10-7А	М47 М75 М750 М1500 Н30 Н70	250	6,8—270 10—330 12—560 22—1 200 220—6 800 470—6 800	20—100	От 5×5×4 до 13,5×13,5×5,5	1,5—5
	Н70 Н90	160	0,01—0,022 *мкф* 1 000 *пф*—0,01 *мкф*			
	Н90	100	0,015—0,033 *мкф*			

Выводы конденсаторов обеих серий однонаправленные, что очень удобно при использовании их на платах с печатным монтажом. Для повышения механической прочности и влагостойкости они покрыты эпоксидным компаундом.

Конденсаторы допускают эксплуатацию в следующих условиях и режимах: интервал рабочих температур от —60 до +155 °С в цепях постоянного, переменного и импульсного токов; относительная влажность воздуха не более 98% при температуре +40 °С; атмосферное давление не ниже 5 *мм рт. ст.*; вибрации с ускорением до 30 *g* в диапазоне частот от 5 до 5 000 *гц*; ударная нагрузка с ускорением до 50 *g*; гарантируемый срок хранения в течение 11 лет.

Срок службы при выполнении соответствующих технических условий равен 5 000 *ч*.

Номинальные емкости конденсаторов, группы по ТКЕ, допустимые реактивные мощности, а также габаритные размеры и масса приведены в табл. 40.

Конденсаторы изготавливают со следующими допустимыми отклонениями действительной емкости от номинальной: ±50÷—20% для конденсаторов группы Н30; +80÷—10% для конденсаторов групп Н70, Н90; ±10%, ±20% для конденсаторов групп М47, М75, М750, М1500.

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА К10У-5

Одной из разновидностей керамических конденсаторов на полупроводниковой основе являются конденсаторы типа К10У-5 (рис. 32).

Конденсаторы этого типа имеют принципиальное отличие от всех других ранее известных керамических конденсаторов, заключающееся в следующем. Конденсаторы К10У-5 обладают большой удельной емкостью, близкой к емкости электролитических конденсаторов,

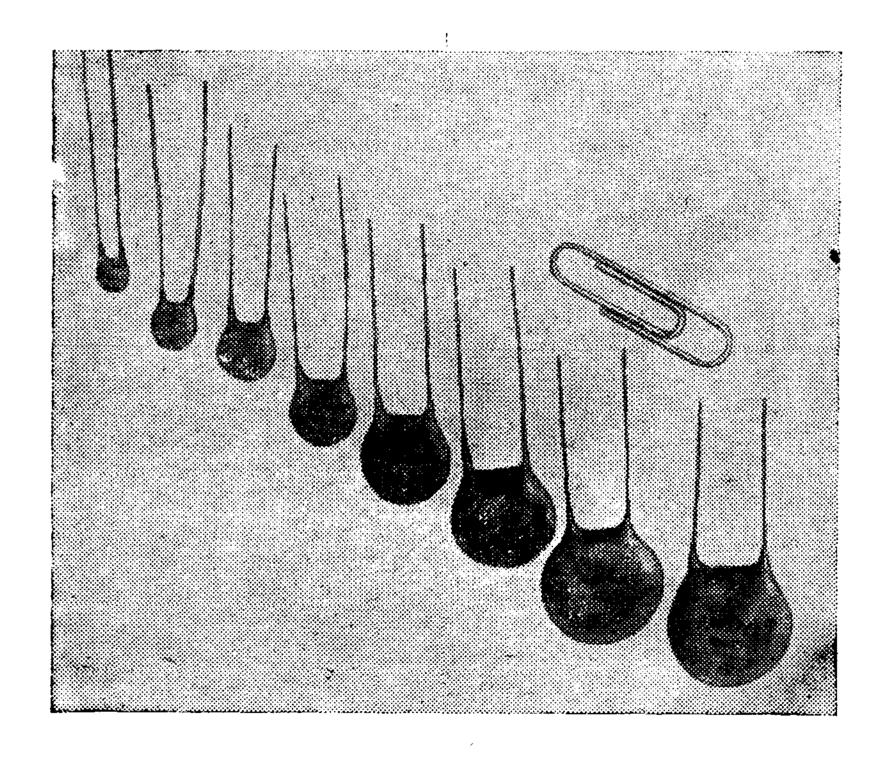


Рис. 32. Конденсаторы типа К10У-5.

и имеют предельную номинальную емкость 2,2 *мкф*. Для этих конденсаторов характерны простая технология изготовления, применение дешевого недефицитного сырья, что обеспечивает их низкую стоимость. Однако область применения их сравнительно уже. Конденсаторы могут быть использованы только в цепях, где сопротивление изоляции и тангенс угла потерь не играют существенной роли. Из-

менение сопротивления изоляции конденсаторов в зависимости от номинального напряжения и окружающей температуры, а также изменение тангенса угла потерь на частоте 1 000 *гц* при окружающей температуре +20 и +85 °С приведены в табл. 41.

Таблица 41

Конденсаторы К10У-5

Номинальное напряжение, *в*	Температура, °С			
	+20		+85	
	$R_{из}$, *Мом·мкф*	tg δ	$R_{из}$, *Мом·мкф*	tg δ
3	0,005	0,05	0,002	0,07
10	0,03	0,1	0,01	0,15
25	2	0,1	0,02	0,15
50	5	0,1	0,05	0,15
100	25	0,1	0,25	0,15

Конденсатор представляет собой керамический диск из сегнетокерамического материала, который восстановлен в водороде до высокой электропроводности. После восстановления диск окисляется в воздушной среде и на его поверхности образуется тонкий диэлектрический слой исходного материала. На поверхность окисленной заготовки наносят серебряный электрод, к которому крепяг медные посеребренные выводы, после чего конденсатор покрывают компаундом. Выводы конденсаторов однонаправленные, что очень удобно при монтаже их на печатных платах.

Конденсаторы изготавливают на номинальные напряжения 3; 10; 25; 50 и 100 *в* емкостью от 0,0047 до 2,2 *мкф*. Толщина конденсаторов всех типов не превышает 5 *мм*. Номинальные емкости, номинальные напряжения, диаметры конденсаторов и их масса приведены в табл. 42.

Конденсаторы предназначены для работы в интервале температур от —60 до +85 °С в цепях постоянного, переменного и импульсного токов. Допустимое отклонение емкости конденсаторов от номинальной —20÷+80%. При температуре 85 °С у конденсаторов на номинальное напряжение 3 *в* емкость конденсатора может измениться до ±20%, а у конденсаторов с номинальным напряжением 10; 25; 50 и 100 *в* до —90%. Конденсаторы рассчитаны на работу при относительной влажности воздуха до 98% при +40 °С, вибрации с ускорением до 4 *g* в диапазоне частот от 10 до 200 *гц* и ударной нагрузке с ускорением до 12 *g*. Гарантийный срок службы конденсаторов установлен 5 000 *ч*.

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА К10-23

Конденсаторы К10-23 (рис. 33) относятся к группе наиболее современных миниатюрных керамических конденсаторов, предназначенных для монтажа в составе микросхем. Конденсаторы делятся на два типа. К конденсаторам первого типа относятся керамические конденсаторы с нормированными ТКЕ: П33, М47, М75, М750 и М1500. Конденсаторы группы Н30 относятся к конденсаторам второго типа, или ненормированным ТКЕ. Конденсаторы первого типа

Таблица 42

Конденсаторы К10У-5

Номинальная емкость, *мкф*	Номинальное напряжение, *в*	Размеры, *мм*		Масса, *г*
		Диаметр	Расстояние между выводами	
0,1	3	6	2,5	0,5
0,22		8	5	0,6
0,47		10		0,7
1,0		14	7,5	1,5
2,2		18		2,5
0,01; 0,015	10	6	2,5	0,5
0,022; 0,033				
0,047; 0,068		8	5	0,6
0,1; 0,15		10	5	0,7
0,22; 0,33		14	7,5	1,5
0,47		18		2,5
6 800 *пф*; 0,01	25	6	2,5	0,5
0,015; 0,022				
0,033; 0,047		8	5	0,6
0,068		10		0,7
0,1; 0,15		14	7,5	1,5
0,22; 0,33		18		2,5
6 800 *пф*	50	6	2,5	0,5
0,01; 0,015		8	5	0,6
0,022; 0,033		10		0,7
0,047; 0,068		14	7,5	1,5
0,1; 0,15		18		2,5
4 700 *пф*	100	6	2,5	0,5
6 800 *пф*		8	5	0,6
0,01; 0,015		10		0,7
0,022; 0,033		14	7,5	1,5
0,047; 0,068		18		2,5

предназначены для применения в тех случаях, когда предъявляются требования высокой стабильности емкости и малых потерь. Пределы номинальных емкостей конденсаторов от 2,2 до 33 000 *пф*, номинальное напряжение 16 *в*.

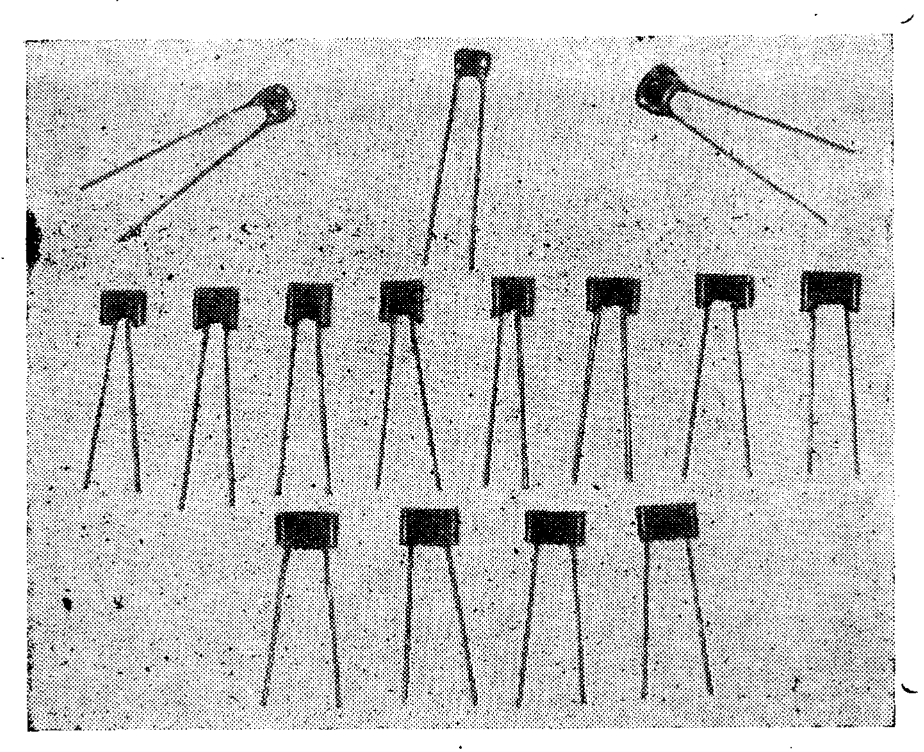


Рис. 33. Конденсаторы типов К10-23 и К10-17.

Таблица 43

Конденсаторы К10-23

Пределы номинальных емкостей, *пф*						Допустимая реактивная мощность, *вар*	Масса, *г*
П33	М47	М75	М750	М1500	Н30		
2,2—330	2,2—330	10—820	33—1 500	75—3 000	680—33 000	20	1

Конденсаторы К10-17

Пределы номинальных				
П33	М47	М75	М750	М1500
2,2—820 *пф*	2,2—1 000 *пф*	10—1 500 *пф*	33—2 700 *пф*	75—4 700 *пф*
910—1 500 *пф*	1 100—1 800 *пф*	1 600—2 000 *пф*	3 000—4 300 *пф*	5 100—6 800 *пф*
1 600—3 000 *пф*	2 000—3 600 *пф*	2 200—3 900 *пф*	4 700—6 800 *пф*	7 500 *пф*—0,012 *мкф*

* Допустимая реактивная мощность конденсаторов групп Н50 и Н90 составляет 5%

** А—расстояние между выводами.

Конденсаторы, залитые эпоксидной смолой, имеют прямоугольную форму с плоской нижней частью и фиксированными размерами выводов, позволяющими устанавливать их на печатную плату с припайкой непосредственно у корпуса. Конденсаторы всех групп ТКЕ выпускают одного типоразмера: 9 × 4,5 *мм* и высотой не более 6,5 *мм*. Проволочные выводы диаметром 0,5 *мм* расположены друг от друга на расстоянии 5 *мм*.

Конденсаторы рассчитаны на работу в цепях постоянного, переменного токов и в импульсных режимах в интервале рабочих температур от —60 до +85 °С и относительной влажности воздуха до 98% при +40 °С. Пределы номинальных емкостей и допустимые реактивные мощности конденсаторов указаны в табл. 43. Промежуточные номинальные емкости конденсаторов групп П33, М47, М75, М750, М1500 соответствуют ряду Е24, группы Н30 — ряду Е6 ГОСТ 2519-67 (см. табл. 2).

Допустимые отклонения действительной емкости от номинальной для конденсаторов группы Н30 составляют +50÷—20% и ±5, ±10 и ±20% для остальных групп. Сопротивление изоляции между выводами не менее 10 *Мом.*

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА К10-17

Конденсаторы этого типа по конструкции являются аналогами конденсаторов К10-23, но имеют значительно лучшие удельные характеристики. У конденсаторов К10-17 расширены интервалы температур от —60 до +125 °С, номинального напряжения до 25 *в* и номинальной емкости до 0,33 *мкф*. Кроме того, добавляется один видоразмер и одна группа по ТКЕ — Н90.

В основе серии К10-17 лежит монолитный конденсатор с толщиной диэлектрика 25 *мкм* и числом слоев, достигающих 33. Разработаны три варианта конденсаторов; К10-17а — для внешних цепей микросхем; К10-17б — малогабаритные, миниатюрные, универсального применения; К10-17в — для внутренних цепей микросхем и микромодулей.

Конденсаторы серии К10-17а по конструкции аналогичны конденсаторам К10-23. Серия К10-17б аналогична конденсаторам КМ-6, но превосходит их по удельным характеристикам и постепенно будет вытеснять их в аппаратуре.

Основные характеристики конденсаторов серий К10-17а и К10-17б приведены в табл. 44. Промежуточные номинальные емкости, как и у конденсаторов К10-23 групп П33, М47, М75, М750, М1500, соответствуют ряду Е24, групп Н50 и Н90 — ряду Е6.

Таблица 44

(вариант *а* и *б*)

емкостей		Допустимая реактивная мощность, *вар**	Размеры, *мм*								Масса, *г*	
			L		*B*		*H*		*A***			
Н50	Н90		*а*	*б*	*а*	*б*	*а*	*б*	*а*	*б*	*а*	*б*
680—0,033 *мкф*	6 800—0,1 *мкф*	5	6,6	7,5	4,5	6	5,5	6	2,5	2,5	0,5	0,5
0,047 *мкф*	0,15 *мкф*	20	8,2	9	4,5	6	5,5	6	5	5	0,8	0,8
0,068; 0,1 *мкф*	0,22; 0,33 *мкф*	30	8,2	9	6,6	6	5,5	7,5	5	5	1	1

от значения, указанного в таблице.

Конденсаторы рассчитаны на работу в цепях постоянного, переменного токов и в импульсных режимах. Интервал рабочих температур для группы Н90 от —60 до +85 °С, для остальных групп ТКЕ от —60 до +125 °С. Номинальное напряжение (25 *в*) на конденсаторы всех групп можно подавать только в том случае, если окружающая температура не будет превышать +85 °С.

Допустимые отклонения действительной емкости от номинальной нормируются +50÷—20% для конденсаторов группы Н50 и +80÷—20% для группы Н90, ±5, ±10 и ±20% для конденсаторов остальных групп. Сопротивление изоляции у конденсаторов групп Н50 и Н90 в зависимости от емкости не менее 3 *Мом*, а $\operatorname{tg}\delta$ не более 0,1. У всех остальных групп сопротивление изоляции не менее 10 *Мом*, а $\operatorname{tg}\delta$ не более $5 \cdot 10^{-3}$. Срок службы конденсаторов 10 000 *ч*, срок хранения 12 лет.

СТЕКЛОКЕРАМИЧЕСКИЕ И СТЕКЛОПЛЕНОЧНЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ

Конденсаторы этого типа находят все большее применение в новых разработках аппаратуры, вытесняя более дорогостоящие слюдяные конденсаторы. Стеклянные конденсаторы представляют собой секции чередующейся стеклянной пленки толщиной 15—25 *мкм* и алюминиевой фольги, спеченных в монолитный блок. Так как диэлектрическая проницаемость (ε) стекла выше, чем у слюды, то объем стеклопленочных конденсаторов меньше объема слюдяных той же емкости. Сопротивление изоляции при +25 °С обычно порядка 150 000 *Мом*. Конденсаторы имеют как положительный, так и отрицательный температурный коэффициент емкости порядка $-330 \div +120 \cdot 10^{-6}$ *град*$^{-1}$, они стабильны по емкости и добротности (Q). Рассчитаны на работу в цепях постоянного, переменного токов и в импульсных режимах. Поскольку корпус конденсаторов изготовляется из того же материала, что и диэлектрик между обкладками, легко получить высокое значение добротности при малых емкостях: малая индуктивность выводов, непосредственно присоединенных к обкладкам, дает высокое значение Q и при больших емкостях.

Стеклянные конденсаторы используют в резонансных контурах, для емкостной связи и в качестве шунтирующих на высокой частоте.

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА К21-5

Конденсаторы со стеклянным диэлектриком (К21-5), вид которых показан на рис. 34, по конструкции выпускают двух вариантов: с выводами К21-5А (емкость от 2,2 до 160 *пф*) и без выводов К21-5Б (емкость от 2,2 до 330 *пф*). Промежуточная емкость соответствует ряду Е-24. Номинальное напряжение обеих групп конденсаторов 160 *в*. Габаритные размеры варианта А — не более 8,5×3×6 *мм*, варианта Б — 6×3×7. Масса конденсаторов соответственно 1,5 и 2 *г*. По ТКЕ в интервале температур от +20 до +85 °С конденсаторы делятся на четыре группы. Из них группа МПО с ТКЕ $\pm 30 \cdot 10^{-6}$ *град*$^{-1}$ для М47 — $(47 \pm 30) \cdot 10^{-6}$ *град*$^{-1}$ и М75 — $(75 \pm 30) \cdot 10^{-6}$ *град*$^{-1}$ относится к конденсаторам варианта А и группа М330 — $(330 \pm 100) \cdot 10^{-6}$ *град*$^{-1}$ — к варианту Б. Конденсаторы изготавливают с допустимыми отклонениями действительной емкости от номинальной ±5 и ±10%, но не точнее 1 *пф*. Реактивная мощность

не более 10 *вар*. Сопротивление изоляции между выводами в нормальных условиях не менее 10 000 *Мом*, а $\operatorname{tg}\delta$ не более $25\cdot10^{-4}$. С повышением температуры до +100 °С $\operatorname{tg}\delta$ увеличивается до $30\times\times10^{-4}$, а $R_{из}$ снижается до 5 000 *Мом*.

Конденсаторы предназначены для работы в цепях постоянного, переменного, пульсирующего токов и в импульсных режимах. Интервал температур —60 ÷ +100 °С. Конденсаторы допускают работу при

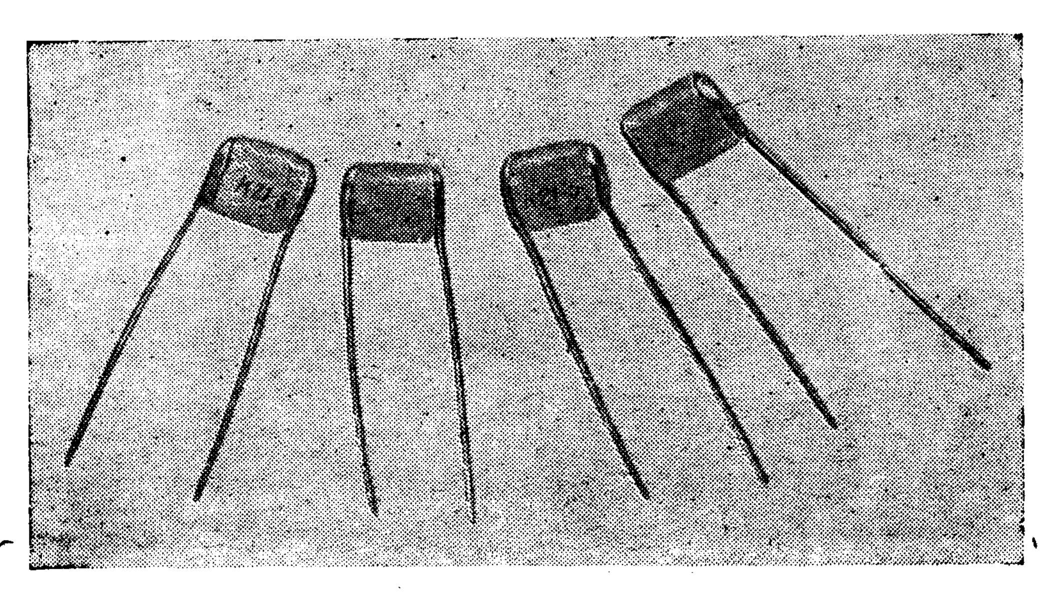


Рис. 34. Конденсаторы типа К21-5.

относительной влажности воздуха не более 98% и температуре +40 °С. При креплении за выводы конденсаторы выдерживают вибрации в диапазоне частот 10—600 *гц* с ускорением 10 *g*. В случае крепления за корпус или в жесткой заливке — в диапазоне 10—2 500 *гц* с ускорением 30 *g*. Срок службы конденсаторов 5 000 *ч*. Срок хранения 12 лет.

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА К21-7

Так же, как и конденсаторы типа К21-5, рассчитаны на работу в цепях постоянного, переменного токов и в импульсных режимах. Интервал температур расширен от —60 до +155 °С. Номинальное

Таблица 45

Конденсаторы К21-7

Пределы номинальных емкостей, *пф*	Допустимая реактивная мощность, *вар*	Размеры, *мм*				Масса, *г*
		L	*B*	*H*	*A**	
56—1 000	10	7,5	3	9,5	2,5	0,8
1 100—2 200	20	9	3,5	10,5	4	1,2
2 400—3 900	25	11	3,5	11,5	5	1,5
4 300—10 000	50	14,5	4,0	14,5	7,5	3,0

* Расстояние между выводами.

напряжение конденсаторов 50 *в*; ТКЕ в интервале температур от +20 до +85 °С равен $+(120\pm40)\cdot10^{-6}$ *град*$^{-1}$. Конденсаторы выпускают емкостью от 56 *пф* до 0,01 *мкф* с промежуточными значениями, соответствующими ряду Е24.

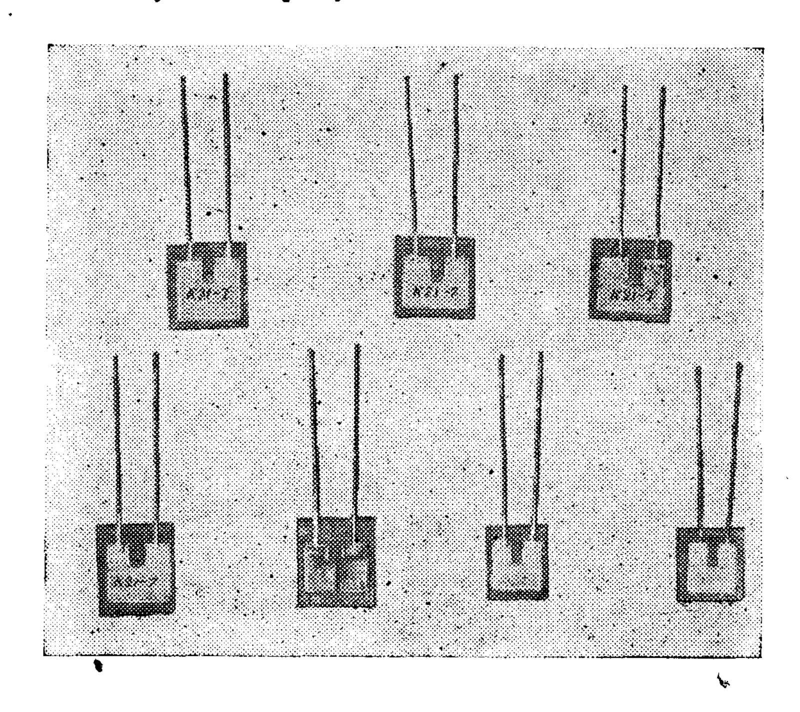


Рис. 35. Конденсаторы типа К21-7.

Значения допустимой реактивной мощности, номинальные емкости с соответствующими размерами и массой приведены в табл. 45, а внешний вид конденсаторов показан на рис. 35. По допустимому отклонению действительной емкости от номинальной конденсаторы делят на три класса точности: ±5, ±10 и ±20%. Изменение емкости в интервале температур от —60 до +20 °С может составлять 1,5% и в интервале температур от +20 до +150 °С до 2,5%. Тангенс угла

Конденсаторы

Пределы номинальных емкостей, *пф*						
Группа по ТКЕ						
П60	П33	МПО	М47	М75	М150	М330
9,1—22	10—24	12—30	15—51	18—51	20—56	22—91
24—27	27—62	33—82	56—110	56—91	62—120	100—240
56—110	68—120	91—160	120—300	100—180	130—300	270—470
120—180	130—200	180—300	330—510	200—330	330—560	510—820
200—270	220—300	330—430	560—680	360—560	620—810	910—1 500

* Толщина конденсаторов вариантов *а* и *б* не более 5,5 *мм*, варианта *в*—4 *мм*.

потерь при нормальной температуре не более 0,002, а сопротивление изоляции между выводами не менее 10 000 *Мом*.

Конденсаторы работоспособны при относительной влажности воздуха до 98% и температуре окружающего воздуха +40 °С. При креплении за выводы они выдерживают вибрации в диапазоне частот от 5 до 80 *гц* с ускорением до 7,5 *g*; в жесткой заливке в диапазоне частот от 5 до 5 000 *гц* с ускорением до 40 *g*. Срок службы конденсаторов 10 000 *ч*. Срок хранения 12 лет.

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА К21-8

Конденсаторы типа К21-8 изготавливают в трех вариантах (рис. 36). Вариант *а* с разнонаправленными выводами, *б* с однонаправленными выводами и *в* — безвыводная конструкция. Конденсаторы разработаны на номинальное напряжение 250 *в*. Пределы номинальных емкостей с промежуточными значениями, соответствующими ряду Е-24, допустимые реактивные мощности, габаритные размеры и массы указаны в табл. 46. Допустимые отклонения действительной емкости от номинальной составляют: ±5, ±10 и ±20%. В зависимости от величины ТКЕ в интервале температур от +20 до +85 °С конденсаторы делятся на семь групп, каждую из которых можно отличить по цвету покрытия корпуса и цвету маркировочного знака (табл. 47).

Тангенс угла потерь конденсаторов порядка $15 \cdot 10^{-4}$, а $R_{из}$ между выводами у всех вариантов не менее 50 000 *Мом*. При крайней положительной температуре $R_{из}$ изменяется на порядок, а $\operatorname{tg} \delta$ увеличивается вдвое.

Конденсаторы варианта *б* изготавливают как в обычном, так и в тропическом исполнении. Все три варианта работоспособны при относительной влажности воздуха до 98% и температуре +40 °С. При жесткой заливке конденсаторов или креплении за корпус они выдерживают воздействие вибрационных нагрузок в диапазоне частот от 5 до 5 000 *гц* с ускорением до 40 *g*. Срок службы конденсаторов 10 000 *ч*. Срок хранения 12 лет.

Таблица 46

К21-8

Реактивная мощность, *вар*	Размеры*, *мм*								Масса, *г*	
	L			*H*			*A*	*d*		
	а	*б*	*в*	*а*	*б*	*в*			*а, б*	*в*
10	5	6,5	4	4,5	6,5	4	2,5	0,4	0,8	0,6
10	7	8,5	6	6,5	8,5	6	5	0,5	1	0,8
20	9	11	8	8,5	11	8	7,5	0,5	1,2	1
30	11	13	10	10,5	13	10	7,5	0,6	1,8	1,2
40	13	15	12	12,5	15	12	10	0,6	2	1,5

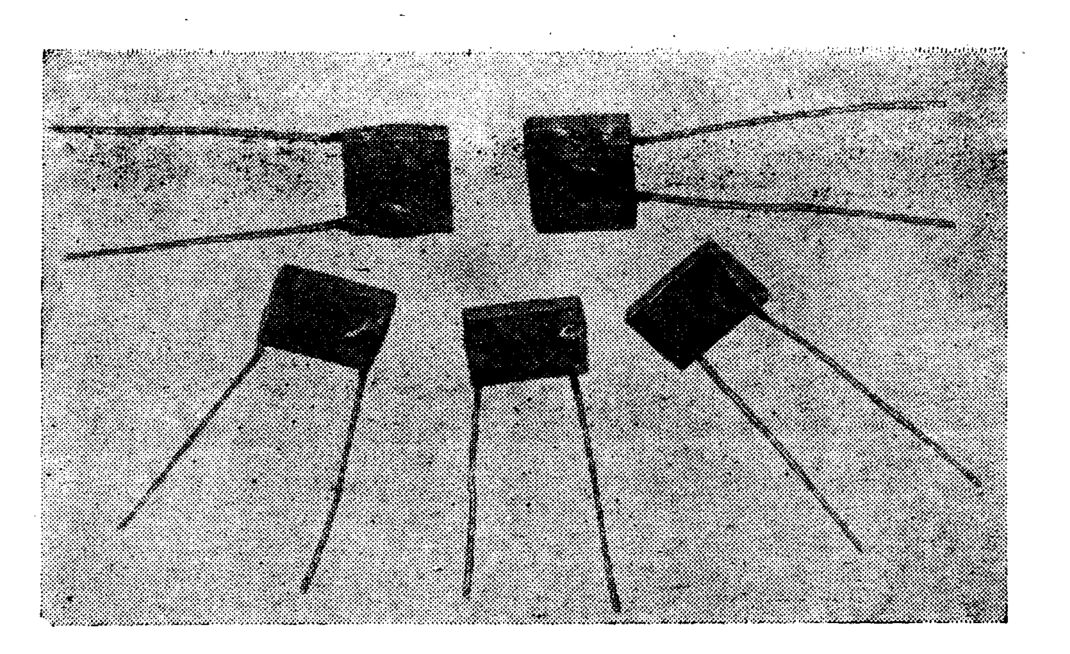


Рис. 36. Конденсаторы типа К21-8.

Таблица 47

Конденсаторы К21-8

Группа по ТКЕ	ТКЕ 10^{-6} *град*$^{-1}$ в интервале температур от +20 до +85 °С	Изменение емкости относительно емкости при T=20 °С, %, в интервале температур		Цвет покрытия конденсаторов	Цвет маркировочного знака
		от −60 до +20 °С	от 120 до +155 °С		
П60	+(60±40)	−2,0	+2,0	Серый	Красный
П33	+(33±30)	−1,0	+1,0	Серый	Без знака
МПО	0±30	±0,5	±0,5	Голубой	Черный
М47	−(47±40)	±1,5	−1,5	Голубой	Без знака
М75	−(75±40)	±2,0	−2,0	Голубой	Красный
М150	−(150±40)	±3,0	−3,0	Красный	Оранжевый
М330	−(330±60)	±6,0	−6,0	Красный	Зеленый

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА К22У-1

Добавление в диэлектрик стеклопленочных конденсаторов керамики с высокой диэлектрической проницаемостью позволило значительно расширить диапазон емкостей. Стеклокерамические конденсаторы в зависимости от номинального напряжения имеют диапазон емкости от 30 до 15 000 *пф* с промежуточными значениями, соответствующими ряду Е24 (табл. 48). Как и стеклопленочные, стеклокерамические конденсаторы могут быть использованы в цепях постоянного, переменного, пульсирующего токов и в импульсных режимах. Подобно им они имеют три варианта конструкции: А — таблеточный

вариант, Б — изолированный с однонаправленными выводами и В — неизолированный с разнонаправленными выводами.

По величине ТКЕ в интервале температур от +20 до +70 °C конденсаторы делятся на четыре группы. Из них три: МПО, М47, М330 — с нормированным ТКЕ и допустимым отклонением действительной емкости от номинальной ±5, ±10 и ±20%. Группа Н30 с ненормированным ТКЕ и допустимым отклонением +50÷—20%. Сопротивление изоляции между выводами конденсаторов групп МПО, М47, М330 не менее 10 000 *Мом* и не менее 5 000 *Мом* для группы Н30. Тангенс угла потерь соответственно не более $2 \cdot 10^{-3}$ и $15 \cdot 10^{-3}$. При увеличении температуры до максимальной $R_{из}$ у нормированных групп уменьшится вдвое. У группы Н30 — уменьшится до 500 *Мом*; tg δ изменяется незначительно. Срок службы конденсаторов 5 000 *ч*, срок хранения 12 лет. Конденсаторы работоспособны при относительной влажности воздуха до 98%, атмосферном давлении до 5 *мм рт. ст.* Вибрационные нагрузки выдерживают в диапазоне частот от 5 до 200 *гц* с ускорением 10 *g* при креплении за выводы и от 5 до 5 000 *гц* с ускорением 35 *g* при жестком креплении.

КОНДЕНСАТОРЫ ТИПА К22-5

Стеклокерамические конденсаторы К22-5, старая маркировка их К10-8, как и все предыдущие этого типа, являются малогабаритными (рис. 37), позволяющими применять их как в печатном, так и в навесном монтаже, в цепях постоянного, переменного тока и

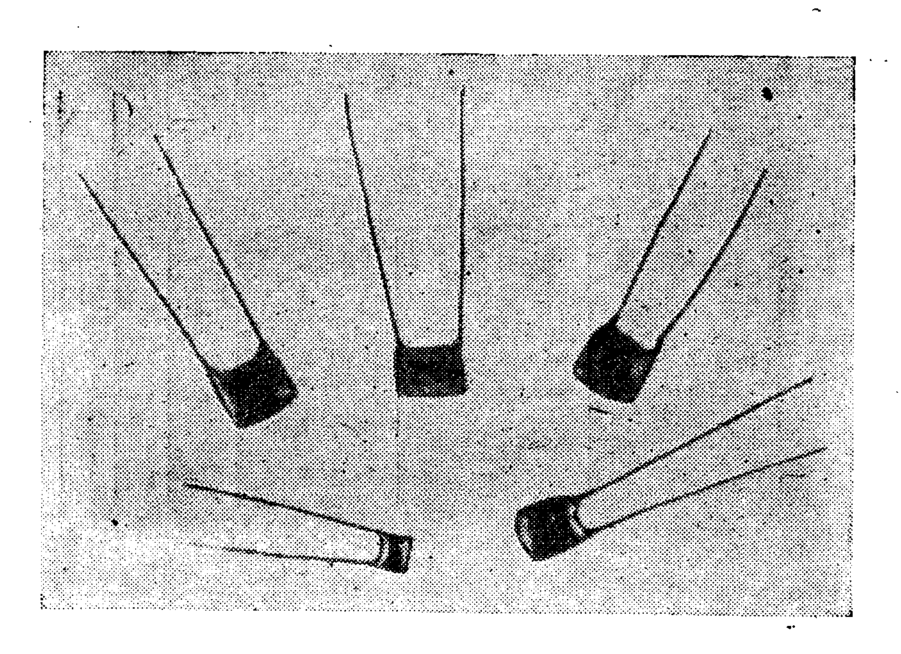


Рис. 37. Конденсаторы типа К22-5 (К10-8).

в импульсных режимах. Номинальное напряжение конденсаторов 25 *в*. Конденсаторы имеют три нормированные по ТКЕ группы М75, М150, М220 и одну ненормированную — Н10. Емкость конденсаторов лежит в пределах от 75 *пф* до 0,047 *мкф* (табл. 49). Причем проме-

Конденсаторы

Группа по ТКЕ	Номинальное напря			
	12	35	70	100
	Номинальная			
МПО М47	— — —	30—560 620—910 1 000—2 200	— — —	220—430 470—620 680—910
М330	— —	750—1 200 1 300—2 200 1 800—3 900	620—680 820—1 000 —	510—560 750 910—1 500
Н30	4 700 6 800 10 000; 15 000	1 500—3 300 4 700 6 800	— — —	680—1 500 1 000—2 200 3 300—4 700

Таблица 49

Конденсаторы К22-5

Группа по температурной стабильности				Реактивная мощность, *вар**	Размеры, *мм*			Масса, *г*
М75	М150	М220	Н10		*L*	*B*	*H*	
Пределы номинальных емкостей								
75—150 *пф*	75—150 *пф*	750—1 500 *пф*	750—1 500 *пф*	20	5	3	5,5	1,5
160—430 *пф*	160—430 *пф*	160—430 *пф*	1 800—4 700 *пф*	30	7,5	3	7	1,5
470—1 300 *пф*	470—1 300 *пф*	470—1 300 *пф*	5 600 *пф*—0,015 *мкф*	40	10	3,5	10	2
1 500—3 300 *пф*	1 500—3 300 *пф*	1 500—3 300 *пф*	0,018—0,033 *мкф*	50	13	3,5	13	3
3 600—4 700 *пф*	3 600—4 700 *пф*	3 600—4 700 *пф*	0,039—0,047 *мкф*	60	15	4	15	4

* Реактивная мощность группы Н10 составляет 25% от значений для групп, указанных в таблице.

жуточные емкости для группы Н10 соответствуют ряду Е12 и ряду Е24 для трех остальных групп. Интервал рабочих температур от —60 до +85 °С. Допустимые отклонения действительной емкости от номинальной для нормированных групп ТКЕ ±5, ±10 и ±20%. Для ненормированной группы ±10 и ±20%, $R_{из}$ между выводами соответственно 10 000 и 3 000 *Мом* для группы Н10 с номинальной емкостью до 0,022 *мкф* и 75 *Мом·мкф* для этой же группы емкостью 0,033 *мкф* и более; tg δ не более $2 \cdot 10^{-3}$ для групп М75, М150, М220 и $8 \cdot 10^{-3}$ для группы М10. При крайней положительной температуре

Таблица 48

К22У-1

жение, *в*		Размер, *мм*				Реактивная мощность, *вар*
160	250	Варианты А; Б		Вариант А		
емкость, *пф*		*L*	*B*	*L*	*B*	
130—270	22—120	6,5	5,5	8	7	15
300—390	130—150	7,5	6,5	9	8	20
430—620	160—200	9,5	7,5	11	9	30
220—470	56—200	6,5	5,5	8	7	15
510—680	220—330	7,5	6,5	9	8	20
750—820	360—560	9,5	7,5	11	9	30
—	—	6,5	5,5	8	7	15
—	—	7,5	6,5	9	8	20
—	—	9,5	7,5	11	9	30

(+85 °С) tg δ у трех нормированных групп может достигать $3 \cdot 10^{-3}$, а для группы Н10 — 0,01; $R_{из}$ конденсаторов между выводами снижается соответственно до 1000 и 300 *Мом*. Изменение емкости конденсаторов относительно номинальной в интервале температур от +20 до —60 °С не превышает 4%, а группы Н10 не более ±10% при температуре от +20 до —40 °С.

При жестком креплении конденсаторов за корпус они выдерживают вибрации в диапазоне частот от 5 до 5 000 *гц* с ускорением до 40 *g*. При креплении конденсаторов размером 10×10 *мм* и более за выводы диапазон частот снижается до 5—80 *гц*, а ускорение до 10 *g*. Срок службы конденсаторов 5 000 *ч*, срок хранения 8,5 лет.

ПОСТОЯННЫЕ НЕПРОВОЛОЧНЫЕ РЕЗИСТОРЫ

Резисторы являются широко распространенными элементами современной радиоэлектронной аппаратуры, и их количество может достигать 35% и более от общего количества примененных в принципиальной схеме радиодеталей. Резисторы, используемые в радиолюбительской практике, весьма разнообразны как по конструктивным, так и по электрическим характеристикам и делятся на два основных вида: проволочные и непроволочные. Последние в зависимости от материалов проводящих элементов в свою очередь могут быть разделены на следующие группы:

Углеродистые резисторы С1, проводящий элемент которых представляет собой пленку пиролитического углерода, осажденную на изоляционное основание. Пиролиз — процесс, при котором вводимые в печь пары углеводородов под действием высокой температуры без доступа воздуха разлагаются и углерод осаждается на поверхности керамических стержней.

Углеродистые резисторы обладают рядом ценных свойств, позволяющих использовать их не только в качестве резисторов общего

назначения, но и для узкого промышленного применения. К таким свойствам следует в первую очередь отнести их сравнительно хорошую стабильность, малую зависимость от напряжения и частоты, низкий уровень собственных шумов, стойкость к импульсным перегрузкам, небольшой и однозначный (отрицательный) температурный коэффициент сопротивления, возможность очень точной подгонки сопротивления.

Основным недостатком наиболее высокоомных углеродистых сопротивлений, для получения которых приходится использовать очень тонкие проводящие слои, является их сравнительно малая стабильность.

В связи с этим предельные номинальные сопротивления ограничены значениями 1 *Мом* для резисторов мощностью 0,125 *вт*, 5,1 *Мом* для резисторов мощностью 0,25 *вт* и 10 *Мом* для резисторов мощностью от 0,5 до 10 *вт*.

Металлопленочные и металлоокисные резисторы С2 с проводящим элементом в виде пленки сплава или окиси сплава, осажденного на изоляционное основание. Для оснований металлопленочных резисторов используются различные материалы: керамика стекла, слоистые пластики. Объем и масса керамических оснований металлопленочных резисторов в 2—3 раза меньше, а удельные нагрузки соответственно больше по сравнению с углеродистыми резисторами типа ВС аналогичной мощности.

Металлопленочные резисторы обладают рядом положительных свойств: повышенной термостойкостью, хорошими частотными характеристиками, малым уровнем собственных шумов.

К недостаткам можно отнести их сравнительно малую устойчивость к импульсным нагрузкам из-за неоднородности проводящей пленки.

Композиционные резисторы С3, С4 с проводящим элементом, представляющим собой твердые полупроводящие материалы, получаемые из механических смесей порошкообразного проводника (сажи или графита) с диэлектриком. Положительными качествами композиционных резисторов являются возможность получения высокоомных сопротивлений при большом сечении проводящего элемента, возможность получения проводящего элемента любой формы в виде массивного тела (объемные композиционные резисторы С4) или в виде однородной пленки (С3 на любой поверхности), невысокая стоимость, сравнительно простая технология производства.

Общим недостатком композиционных резисторов является большая зависимость сопротивления от приложенного напряжения и значительный уровень собственных шумов, в особенности для высокоомных резисторов, кроме того, у них резко выражена зависимость сопротивления от частоты.

Указанные недостатки не позволяют использовать композиционные резисторы в точной и высокочастотной аппаратуре.

Наибольшее распространение в радиоэлектронной аппаратуре получили непроволочные резисторы. Они по сравнению с проволочными имеют ряд преимуществ, а именно: значительно меньшие размеры, обладают незначительной индуктивностью и собственной емкостью, их активное сопротивление не изменяется в широком диапазоне частот, они удобны для использоваиия в аппаратуре с печатным монтажом и, кроме того, сравнительно просты в производстве и поэтому дешевы.

В настоящее время промышленностью выпускается ряд различ-

ных типов резисторов со стандартными сопротивлениями, которые называются номинальными. Номинальные сопротивления резисторов, выпускаемых в СССР, устанавливают в соответствии с ГОСТ 2825-60. Этот же ГОСТ устанавливает ряды номинальных сопротивлений от

Таблица 50

Допустимые отклонения сопротивлений резисторов от номинальных значений

Допустимые отклонения											
±20	±10	±5	±20	±10	±5	±20	±10	±5	±20	±10	±5
ом, ком, Мом, Гом											
0,1	0,1	0,1	1,0	1,0	1,0	10	10	10	100	100	100
—	—	0,11	—	—	1,1	—	—	11	—	—	110
—	0,12	0,12	—	1,2	1,2	—	12	12	—	120	120
—	—	0,13	—	—	1,3	—	—	13	—	—	130
0,15	0,15	0,15	1,5	1,5	1,5	15	15	15	150	150	150
—	—	0,16	—	—	1,6	—	—	16	—	—	160
—	0,18	0,18	—	1,8	1,8	—	18	18	—	180	180
—	—	0,2	—	—	2,0	—	—	20	—	—	200
0,22	0,22	0,22	2,2	2,2	2,2	22	22	22	220	220	220
—	—	0,24	—	—	2,4	—	—	24	—	—	240
—	0,27	0,27	—	2,7	2,7	—	27	27	—	270	270
—	—	0,3	—	—	3,0	—	—	30	—	—	300
0,33	0,33	0,33	3,3	3,3	3,3	33	33	33	330	330	330
—	—	0,36	—	—	3,6	—	—	36	—	—	360
—	0,39	0,39	—	3,9	3,9	—	39	39	—	390	390
—	—	0,43	—	—	4,3	—	—	43	—	—	430
0,47	0,47	0,47	4,7	4,7	4,7	47	47	47	470	470	470
—	—	0,51	—	—	5,1	—	—	51	—	—	510
—	0,56	0,56	—	5,6	5,6	—	56	56	—	560	560
—	—	0,62	—	—	6,2	—	—	62	—	—	620
0,68	0,68	0,68	6,8	6,8	6,8	68	68	68	680	680	680
—	—	0,75	—	—	7,5	—	—	75	—	—	750
—	0,82	0,82	—	8,2	8,2	—	82	82	—	820	820
—	—	0,91	—	—	9,1	—	—	91	—	—	910

0,1 *ом* до 10 *Мом* для проволочных резисторов и от 1 *ом* до 1 *Гом* для непроволочных с допустимыми отклонениями от номинальных сопротивлений ±1, ±2, ±5, ±10 и ±20%.

Для резисторов с допустимыми отклонениями +1 и +2% рекомендуется ряд номинальных сопротивлений с допустимыми отклонениями ±5% (табл. 50).

КОДИРОВАННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ РЕЗИСТОРОВ И ИХ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ НА СХЕМАХ

Наряду с общеизвестными обозначениями непроволочных резисторов в 1966 г. было введено новое, сокращенное, кодированное обозначение сопротивлений и допустимых отклонений для резисторов малых габаритных размеров. Сокращенное обозначение состоит из цифры, указывающей номинальное сопротивление, и из двух букв, одна из которых обозначает единицу измерения сопротивления, а другая — допустимое отклонение сопротивления от номинального (табл. 51, 52).

Таблица 51

Обозначения номинальных емкостей и единицы измерения

Полные обозначения				Сокращенные обозначения			
Единицы измерения	Обозначение единиц измерения	Пределы номинальных емкостей (по старому ГОСТ 2519-50)	Примеры обозначений	Примеры обозначений	Пределы номинальных емкостей	Обозначения единиц измерения	Единицы измерения
Пикофарады	*пф*	До 9 100	1,5 *пф* 15 *пф*	1П5 15П	До 91	П	Пикофарады
			150 *пф* 1 500 *пф*	Н15 1Н5	От 0,1 до 91	Н	Нанофарады
Микрофарады	*мкф*	От 0,01 и выше	0,015 *мкф*	15Н			
			0,15 *мкф* 1,5 *мкф* 15 *мкф* 100 *мкф*	М15 1М5 15М 100М	От 0,1 и выше	М	Микрофарады

Для различных допускаемых отклонений введены кодированные обозначения (табл. 53).

Например, кодированное обозначение резистора с сопротивлением 470 *ом* и допустимым отклонением ±5% записывается как К47И.

С целью сокращения длинных записей в электрических принципиальных схемах приняты сокращенные обозначения сопротивлений. Резисторы с сопротивлением от 1 до 1 000 *ом* обозначают в омах целыми числами без указания единицы измерения (например, R_{10} 470 указывает, что резистор R_{10} имеет сопротивление 470 *ом*). Резисторы с сопротивлением от 1 до 910 *ком* обозначают числом килоом с прибавлением первой буквы К — 470К. Резисторы с сопротивлением от 1 *Мом* и выше обозначают в мегаомах без указания единицы измерения, причем если сопротивление равно целому числу мегом, то после значения величины ставят запятую и нуль (например, сопротивление 1 *Мом* обозначается 1,0).

Таблица 52

Обозначения номинальных сопротивлений и единицы измерения

Полные обозначения				Сокращенные обозначения			
Омы	*ом*	До 910	0,47 *ом* 4,7 *ом* 47 *ом*	E47 4E7 47E	До 91	E	Омы
			470 *ом*	K47	От 0,1 до 91	K	Килоомы
Килоомы	*ком*	От 1,0 до 910	4,7 *ком* 47 *ком*	4K7 47K			
			470 *ком*	M47	От 0,1 до 91	M	Мегомы
Мегомы	*Мом*	От 1,0 до 910	4,7 *Мом* 47 *Мом*	4M7 47M			
			470 *Мом*	Г47	От 0,1 до 91	Г	Гигаомы
Гигаомы	*Гом*	От 1,0 до 910	4,7 *Гом* 47 *Гом*	4Г7 47Г			
			470 *Гом*	T47	От 0,1 до 1,0	T	Тераомы
Тераомы	*Том*	1,0	1,0 *Том*	1TO			

Сопротивление, составляющее долю или число с долями *ом*, обозначается в омах с указанием единицы измерения (например, 0,47 *ом* или 4,7 *ом*).

НОМИНАЛЬНАЯ МОЩНОСТЬ

Максимально допустимая мощность, которую резистор может рассеивать при непрерывной электрической нагрузке, нормальном атмосферном давлении и температуре, изменяя при этом свои параметры в пределах норм, указанных в ТУ, называется номинальной мощностью рассеивания.

В радиоэлектронной аппаратуре наибольшее распространение получили непроволочные резисторы на номинальные мощности 0,125; 0,25; 0,5; 1 и 2 *вт*.

Выбор резистора по номинальной мощности производится путем расчета по формуле

$$P = U^2/R,$$

где P — рассеиваемая на резисторе мощность, *вт*; U — напряжение на резисторе, *в*; R — сопротивление резистора, *ом*. Практически номинальная мощность резистора должна быть несколько больше полученной из расчета (на 20—30%). Другими словами, коэффициент нагрузки резистора, как правило, не должен превышать величины 0,7—0,8.

Таблица 53

Кодированные обозначения допустимых отклонений емкостей или сопротивлений*

Допустимые отклонения от номинальной величины		Кодированные обозначения	Допустимые отклонения от номинальной величины		Кодированные обозначения
Емкости или сопротивления, %	0,1	Ж	Емкости или сопротивления, %	±30	Ф
	0,2	У		+50 −10	Э
	0,5	Д		+50 −20	Б
	1	Р		+80 −20	А
	2	Л		+100	Я
	±5	И		+100 −10	Ю
	±10	С			
	±20	В	Емкости, *пф*	±0,4	Х

* Примеры кодированных обозначений: 1М5В — конденсатор емкостью 1,5 *мкф* с допустимым отклонением ±20%; К47Л — резистор сопротивлением 470 *ом* с допустимым отклонением ±2%.

При расчете рассеиваемой мощности резистора необходимо учитывать окружающую температуру, при которой будет работать резистор. Как правило, допустимая электрическая нагрузка резисторов снижается с повышением температуры окружающего воздуха, например, начиная с +40 °С для резисторов типа ВС и с +70 °С для резисторов типа МЛТ.

Особое внимание при расчете и выборе непроволочного резистора следует обращать не только на его номинальное сопротивление и рассеиваемую мощность, но и на предельно допустимое для него рабочее напряжение. Это связано с тем, что если, например, на резисторе типа МЛТ-0,5 с номинальным сопротивлением 300 *ком* рассеивать мощность 0,5 *вт*, то падение напряжения на нем окажется равным 387 *в*, в то время как по ГОСТ для него предельным напряжением будет 350 *в*. Следовательно, резистор с необходимым номинальным сопротивлением должен быть выбран большей мощности. Ограничение рассеиваемой мощности для некоторых типов резисторов в зависимости от номинального сопротивления оговаривается соответствующими ТУ.

Наиболее распространенными постоянными непроволочными резисторами общего применения являются резисторы МЛТ; С2-22; С2-23; С1-8; С2-8, С2-13, С2-14, С2-15, С2-1, С2-10, С2-17, С2-18, С2-19 и др. Все указанные резисторы предназначены для эксплуатации в цепях постоянного, переменного токов и в импульсных режимах. Резисторы С2-22 могут быть использованы только в бытовой

Таблица 54

Постоянные непроволочные резисторы

Условное обозначение резистора: Группа	Условное обозначение резистора: Тип	Номинальная мощность, *вт*	Пределы номинальных сопротивлений, *ом*	Допустимые отклонения сопротивлений, %	Предельное рабочее напряжение, *в*: постоянного и переменного токов	Предельное рабочее напряжение, *в*: импульсного тока, $P_{ср} = 0{,}1\ P_н$	Предельное рабочее напряжение, *в*: импульсного тока, $P_{ср} = 0{,}2\ P_н$	ТКС 10^{-3} *град*$^{-1}$: от +25 до макс.	ТКС 10^{-3} *град*$^{-1}$: от +25 до мин.	Размеры, *мм*: Длина	Размеры, *мм*: Диаметр
С2	МЛТ	0,125	$(51-2{,}2)\cdot10^6$	±5; ±10; ±20	200	350	250	±0,7 до 1 *Мом*; ±1,2 от 1 *Мом* и выше	±1,2	6	2
	МЛТ	0,25	$(51-3{,}0)\cdot10^6$		250	450	300			7	3
	МЛТ	0,5	$100-5{,}1\cdot10^6$		350	750	650			10,8	4,2
	МЛТ	1	$100-10\cdot10^6$		500	1 000	900			13,0	6,6
	МЛТ	2	$100-10\cdot10^6$		750	1 200	1 050			18,5	8,6
С2	С2-22	0,125	$24-2{,}2\cdot10^6$	±5; ±10; ±20	200	350	250			7	3
	С2-22	0,25	$24-5{,}1\cdot10^6$		250	450	300			10,8	4,2
С2	С2-23	0,125	$24-2{,}0\cdot10^6$	±1; ±2; ±5; ±10 ±20	200	350	250	±0,2 до 510 *ком*; ±1,2 — свыше 510 *ком*	±1,2	6	2
	С2-23	0,25	$24-3{,}0\cdot10^6$		250	450	300			7	3
	С2-23	0,5	$24-5{,}1\cdot10^6$		350	750	650			10,8	4,2
	С2-23	1	$24-10\cdot10^6$		500	1 000	900			13,0	6,6
	С2-23	2	$24-10\cdot10^6$		750	1 200	1 050			18,5	8,6
С3	КИМ	0,05	$10-5{,}6\cdot10^6$	±5; ±10; ±20	100	—	—			3,8	1,8
	КИМ	0,125	$27-10^9$		200	—	—			8	2,5

Условные обозначение резистора: Группа	Условные обозначение резистора: Тип	Номинальная мощность, *вт*	Пределы номинальных сопротивлений, *ом*	Допустимые отклонения сопротивлений, %	Предельное рабочее напряжение, *в*: постоянного и переменного токов	Предельное рабочее напряжение, *в*: импульсного тока $P_{ср}=0{,}1\ P_н$	Предельное рабочее напряжение, *в*: импульсного тока $P_{ср}=0{,}2\ P_н$	ТКС 10^{-3} *град*$^{-1}$: от +25 до макс.	ТКС 10^{-3} *град*$^{-1}$: от +25 до мин.	Размеры, *мм*: Длина	Размеры, *мм*: Диаметр
					Прецизионные резисторы						
С1	С1-8 С1-8 С1-8	0,25 0,5 1	$10-10^4$	±1; ±2; ±5	Соответствует величине $V=\sqrt{R_н P_н}$	500 700 1 000	400 600 900	—0,5	0,7	13 17,5 30	6,3 6,3 11
С2	С2-8 С2-8 С2-8	0,25 0,5 1	$10{,}2\ 10^3-5{,}11\cdot10^6$ $10{,}2\ 10^3-5{,}11\cdot10^6$ $10{,}2\ 10^3-10\cdot10^6$	±1; ±2; ±5	250 350 500	500 700 1 000	400 600 900	+0,7 до 511 *ком* ±1 выше 511 *ком*	±1,2	13 17,5 30	6,3 6,3 11
С2	С2-13 С2-13 С2-13	0,25 0,5 1	$1-10^6$	±0,1; ±0,2; ±0,5; ±1; ±2; ±5	350 500 100	750 1 000 1 200	650 900 1 050	Группа Д ±0,3	±0,6	15,5 21,0 30,0	9 11 11

Условное обозначение резистора: Группа	Условное обозначение резистора: Тип	Номинальная мощность, *вт*	Пределы номинальных сопротивлений, *ом*	Допустимые отклонения сопротивлений, %	Предельное рабочее напряжение, *в*: постоянного и переменного токов	Предельное рабочее напряжение, *в*: импульсного тока $P_{ср}=0,1\ P_н$	Предельное рабочее напряжение, *в*: импульсного тока $P_{ср}=0,2\ P_н$	ТКС 10^{-3} *град*$^{-1}$: от +25 до макс.	ТКС 10^{-3} *град*$^{-1}$: от +25 до мин.	Размеры, *мм*: Длина	Размеры, *мм*: Диаметр
С2	С2-14 С2-14 С2-14	0,25 0,5 1	1—10⁶	±0,5; ±1; ±2; ±5	350 500 700	750 1 000 1 200	650 900 1 050	Группы Б, В, Г от +0,05 до ±0,2 Группа А ±0,075	Группы Б, В, Г от —0,15 до ±0,5 Группа А ±0,075	13 18,5 27,5	6,6 8,6 8,6
С2	С2-15 С2-15 С2-15	0,25 0,5 1	10⁴—10⁶	±0,5; ±1; ±2	250 350 500	500 700 1 000	400 600 900			16 21 30	9,2 11,2 11,2
С2	С2-1	0,25	1—5,1	±0,2; ±0,5; ±1; ±2; ±5; ±10	350	700	—	+50÷—80	+50÷—80	13,2	7
			5,1—5,1·10⁵							16,1	5,4
	С2-1	0,5	1—5,1·10⁵		500	1 000	—	+40÷—50	+40÷—60	18	7
	С2-1	1	1—10⁶		700	1 400	—	+40÷—50	+40÷—60	28	9
	С2-1	2	1—5,1		1 000	2 000	—	+40÷+100	+40÷—120	35	10,5
			5,1—5,1·10⁶							50	9

Условное обозначение резистора: Группа	Условное обозначение резистора: Тип	Номинальная мощность, *вт*	Пределы номинальных сопротивлений, *ом*	Допустимые отклонения сопротивлений, %	Предельное рабочее напряжение, *в*: постоянного и переменного токов	Предельное рабочее напряжение, *в*: импульсного тока, $P_{ср}=0,1\ P_н$	Предельное рабочее напряжение, *в*: импульсного тока, $P_{ср}=0,2\ P_н$	ТКС 10^{-4} *град*$^{-1}$: от +25 до макс.	ТКС 10^{-4} *град*$^{-1}$: от +25 до мин.	Размеры, *мм*: Длина	Размеры, *мм*: Диаметр
Высокочастотные резисторы											
С2	С2-10	0,125	10—10³	±0,5; ±1	200	400	300	От —0,3 до +0,4 — R=1—50 *ом*; ±0,2 — R=50—3 010 *ом*		7	2
	С2-10	0,25	1—3000		200	400	300			8	2,7
	С2-10	0,5			350	750	650			10,2	3,8
	С2-10	1			500	1 000	900			13	6,2
	С2-10	2			750	1 200	1 050			18,5	8,2
С2	С2-17	0,5	1—3000	±1	350	750	650	От —0,3 до +0,4— R=1—50 *ом*; ±0,2 R=50÷3·10³ *ом*	От —0,3 до +0,6— R=1—50 *ом*; ±0,4 R=50÷3·10³ *ом*	10	3,8
	С2-17	1,0			500	1 000	900			12,6	6,2
	С2-17	2,0			750	1 200	1 050			18	8,2
С2	С2-18, С2-19	0,5	0,51—51	±5; ±10	Соответствует величине $U=\sqrt{R_н P_н}$	—	—	±10	±30	10	4
	С2-18, С2-19	1,0				—	—			13	6
	С2-18, С2-19	2,0				—	—			18	8

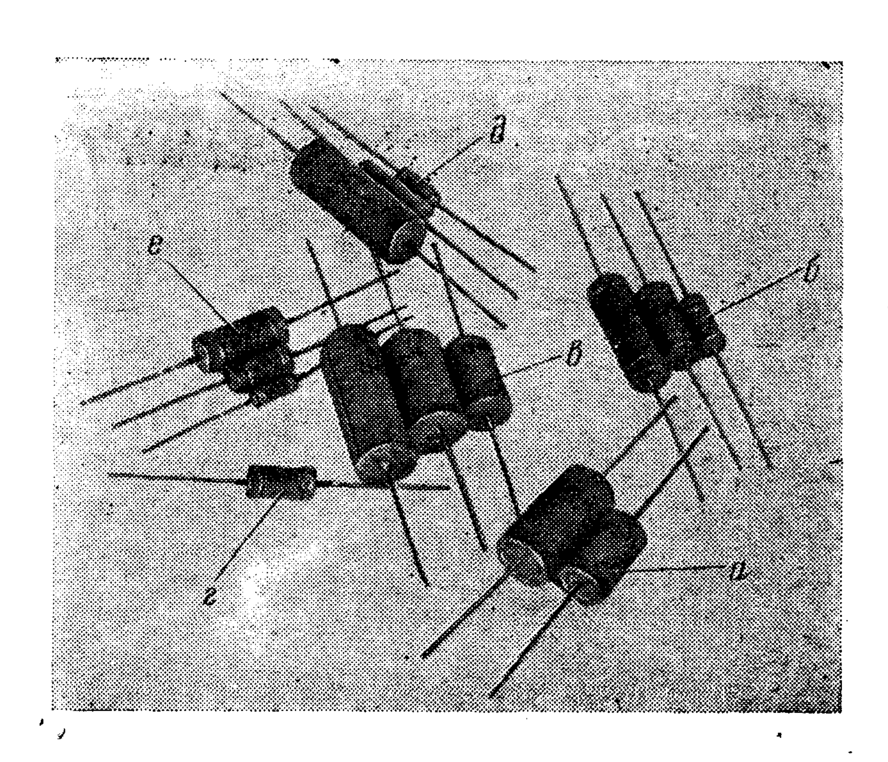


Рис. 38. Непроволочные резисторы.
а — С2-13; *б* — С2-14; *в* — С2-15; *г* — С2-23; *д* — С2-8; *е* — МЛТ.

Таблица 55

Допустимые условия эксплуатации постоянных непроволочных резисторов

Тип резистора	Интервал рабочих температур, °С	Относительная влажность воздуха при температуре	Вибрация: Ускорение *g*	Вибрация: Диапазон частот, *гц*	Удары с ускорением *g*	Линейное ускорение *g*	Допустимая мощность рассеивания при максимальной температуре	Срок службы, *ч*
МЛТ	—60 ÷ +125	98%+40 °С	18	5—600	35	200	0,35 $P_{ном}$	10 000
С2-22	—40 ÷ +70	93%+30 °С	7,5	5—80	15	—	0,25 $P_{ном}$	10 000
С2-23	—60 ÷ +155	98%+40 °С	15	5—3 000	35—150	200	0,1 $P_{ном}$	15 000
КИМ	—60 ÷ +125	98%+40 °С	7,5	10—1 000	35	150	0,4 $P_{ном}$	5 000
С1-8	—60 ÷ +155	98%+40 °С	10	5—2 000	35	25	0	10 000
С2-8	—60 ÷ +155	98%+40 °С	10	5—2 000	35	25	0	10 000
С2-13	—60 ÷ +125	98%+40 °С	10	5—600	35	25	0	10 000
С2-14	—60 ÷ +125	98%+40 °С	10	5—600	35	25	0	10 000
С2-15	—60 ÷ +125	98%+40 °С	10	5—600	35	25	0	10 000
С2-1	—65 ÷ +200	98%+40 °С	10	5—2 500	35	50	0,1 $P_{ном}$	10 000
С2-10	—60 ÷ +125	98%+40 °С	18	5—600	35	100	0,25 $P_{ном}$	5 000
С2-17	—60 ÷ +125	98%+40 °С	18	5—2 500	150	100	0,25 $P_{ном}$	2 000
С2-18	—60 ÷ +125	98%+40 °С	18	5—600	150	100	0,25 $P_{ном}$	2 000
С2-19	—60 ÷ +125	98%+40 °С	18	5—600	150	100	0,25 $P_{ном}$	5 000

аппаратуре. Основные параметры резисторов, допустимые условия эксплуатации и эксплуатационные характеристики приведены в табл. 54, 55, а общий вид резисторов С2-13, С2-14, С2-15, С2-8, С1-8, С2-23 и МЛТ — на рис. 38. Из рисунка видно, что по конструкции и форме резисторы типов С2-13, С2-15, С2-8 и С1-8 не отличаются друг от друга, так же как и резисторы типа С2-22, С2-23, С2-14 не отличаются от резисторов МЛТ.

ПЕРЕМЕННЫЕ НЕПРОВОЛОЧНЫЕ РЕЗИСТОРЫ

РЕЗИСТОРЫ ТИПА СП

Отечественной промышленностью выпускается широкий ассортимент различных типов переменных резисторов. Наиболее широкое распространение получили переменные композиционные резисторы типа СП. Конструктивно такие резисторы состоят из пластмассового

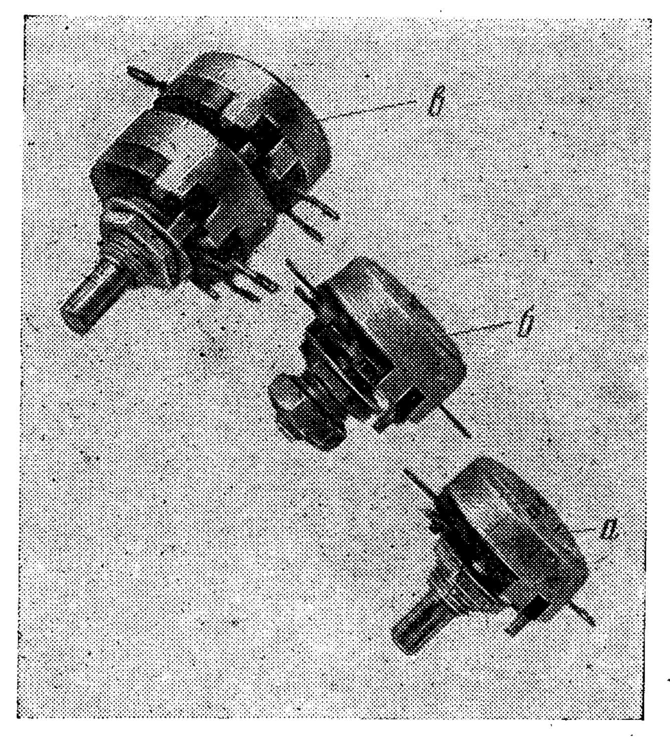


Рис. 39. Непроволочные переменные резисторы.
а — СП-1; *б* — СП-2; *в* — СП-3.

основания, проводящего элемента, скользящего контакта, подвижной системы с осью и крышки. Внешний вид некоторых переменных резисторов типа СП показан на рис. 39, 40 и 41.

Резисторы предназначены для эксплуатации в цепях постоянного и переменного токов.

По конструктивному оформлению резисторы СП делятся на следующие типы: СП-1 — одинарный резистор без стопора оси и с фик-

саторами корпуса; СП-2 — одинарный резистор со стопором оси и фиксаторами корпуса; СП-3 — сдвоенный резистор без отпора оси и с фиксаторами корпуса; СП-4 — сдвоенный резистор со стопором оси и фиксаторами корпуса; СП-5 — одинарный резистор без отпора оси и фиксаторов корпуса.

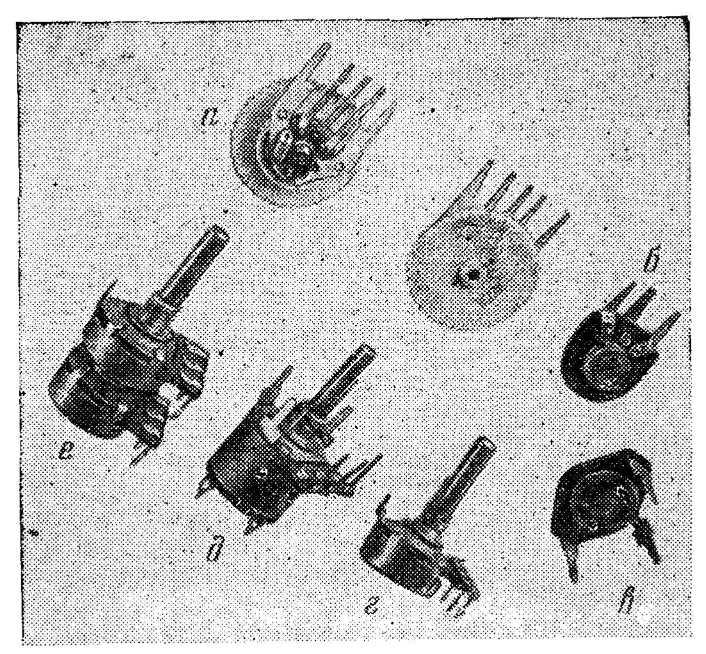


Рис. 40. Переменные композиционные резисторы.

а — СП3-3в; *б* — СП3-1б; *в* — СП3-1а; *г* — СП3-4А; *д* — СП3-4г; *е* — СП3-4д.

В зависимости от допустимых условий эксплуатации переменные резисторы делятся на три группы в соответствии с табл. 56.

Таблица 56

Допустимые условия эксплуатации

Группа резисторов	Интервал рабочих температур, °С	Относительная влажность при температуре	Вибрации: Ускорение *g*	Вибрации: Диапазон частот, *гц*	Удары с ускорением *g*	Линейное ускорение *g*
III IV	—65 ÷ +125 —65 ÷ +100	98%—40 °С	10	5—1 000	150	50
V	—40 ÷ +70	85%—25 °С	—	—	20	—

Номинальная мощность рассеивания резисторов указывается для температуры окружающего воздуха +20 °С. При повышении температуры допустимая мощность рассеивания уменьшается по линейному закону и составляет $0{,}5P_{\text{ном}}$ при температуре +70 °С.

Срок службы при электрической нагрузке, равной $P_{ном}$, составляет 500 *ч*, при нагрузке, равной 0,5 $P_{ном}$,—5 000 *ч* при температуре окружающего воздуха +20 °С.

Допустимые отклонения действительного сопротивления от номинального для резисторов до 220 *ком* ±20%, для резисторов свыше 220 *ком* ±30%.

Основные параметры резисторов СП приведены в табл. 57.

Таблица 57

Основные параметры резисторов

Тип резистора	Группа	Функциональная характеристика	Номинальная мощность рассеивания, *вт*	Пределы номинального сопротивления	Предельное рабочее напряжение, *в*
СП-1 СП-2 СП-3 СП-4	III, IV	А Б, В	2 1; 0,5	470 *ом*—4,7 *Мом* 4,7 *ком*—2 *Мом*	500 400
СП-1 СП-2 СП-3 СП-4 СП-5	V	А Б, В	1 0,5; 0,25	470 *ом*—4,7 *Мом* 4,7 *ком*—2,2 *Мом*	400 350

Резисторы СП3-1, СП3-2, СП3-3. Резисторы этого типа разработаны для малогабаритной радиовещательной и электронной аппаратуры с печатным (резисторы СП3-1, СП3-1б, СП3-2б, СП3-3в) и объемным (резисторы СП3-2а, СП3-3а, СП3-3б) монтажом (рис. 40). Резисторы предназначены для работы в цепях постоянного и переменного токов. Основные характеристики переменных резисторов типа СП3 приведены в табл. 58, 59.

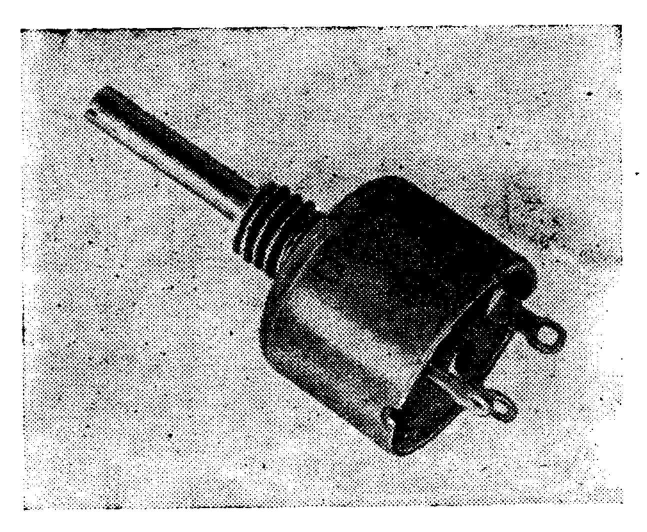


Рис. 41. Конструкция переменных резисторов СП-0,4.

Таблица 58

Основные параметры резисторов

Тип резистора	Функциональная характеристика	Номинальная мощность рассеивания*, *вт*	Пределы номинальных сопротивлений	Предельные рабочие напряжения, *в*
СП3-1а СП3-1б	А	0,25	470 *ом*—1 *Мом*	250
СП3-2а	А	0,5	470 *ом*—4,7 *Мом*	300
СП3-2б	Б, В	0,25	4,7 *ком*—2,2 *Мом*	200
СП3-3а СП3-3б	А	0,05	1 *ком*—1 *Мом*	50
СП3-3б	В	0,025	4,7 *ком*—1 *Мом*	30

* Номинальная мощность указывается для температуры окружающего воздуха +40 °С.

Таблица 59

Условия эксплуатации

Тип резистора	Интервал рабочих температур, °С	Относительная влажность при температуре	Вибрация: Ускорение *g*	Вибрация: Диапазон частот, *гц*	Удары с усилением *g*
СП3-1а СП3-1б СП3-2а СП3-2б	—60 ÷ +70	85% при 40 °С	4	5—200	50
СП3-3а СП3-3б СП3-3в	—60 ÷ +55				

РЕЗИСТОРЫ ТИПА СП3-4

Резисторы СП3-4 предназначены для работы в цепях постоянного и переменного токов. По конструкции резисторы СП3-4 делятся на следующие виды: СП3-4а — резистор одинарный для объемного монтажа; СП3-4б — резистор одинарный для печатного монтажа; СП4-4в — резистор одинарный с выключателем для объемного монтажа; СП3-4г — резистор одинарный с выключателем для печатного монтажа; СП3-4д — резистор сдвоенный для объемного монтажа.

Резисторы допускают эксплуатацию в следующих условиях: интервал рабочих температур от —40 до +70 °С; относительная влажность воздуха до 85% при 25 °С; вибрация с ускорением до 4 *g* в диапазоне частот 10—200 *гц*; ударная нагрузка с ускорением до 50 *g*.

Допустимые отклонения действительного сопротивления от номинального для резисторов с номинальным сопротивлением до 220 *ком* ±20%, свыше 220 *ком* — ±30%.

Срок службы резисторов — 1 000 *ч*.

Основные параметры резисторов соответствуют указанным в табл. 60.

Таблица 60

Тип резистора	Функциональная характеристика	Номинальная мощность рассеивания, *вт*	Пределы номинальных сопротивлений	Предельные рабочие напряжения, *в*
СП3-4а	А	0,25	220 *ом*—470 *ком*	150
СП3-4б	Б, В	0,125	4,7 *ком*—470 *ком*	100
СП3-4в	А	0,125	220 *ом*—470 *ком*	150
СП3-4г	Б, В	0,05	4,7 *ком*—470 *ком*	100
СП3-4д	А / А	0,125 / 0,25*	220 *ом*—470 *ком*	150
	Б, В / Б, В	0,05 / 0,125*	4,7 *ком*—470 *ком*	100
СП3-4д	Б, В / А	0,05 / 0,25*	4,7 *ком*—470 *ком* / 220 *ом*—470 *ком*	100 / 150
	А / Б, В	0,125 / 0,125*	220 *ом*—470 *ком* / 4,7 *ком*—470 *ком*	150 / 100

* Номинальная мощность указана для первого резистора, считая со стороны оси. Номинальная мощность указывается для температуры окружающего воздуха +40 °С. При температуре +70 °С допустимая нагрузка составляет 0,25 $P_{ном}$.

РЕЗИСТОРЫ ТИПА СП-0,4

Резисторы СП-0,4 предназначены для работы в цепях постоянного, переменного и пульсирующего токов (рис. 41). Они допускают эксплуатацию в следующих условиях: интервал рабочих температур от —40 до +70 °С; относительная влажность воздуха до 85% при 25 °С; вибрация с ускорением до 4 *g* в диапазоне частот от 10 до 200 *гц*; ударная нагрузка с ускорением до 12 *g*.

Основные параметры резисторов СП-0,4: номинальная мощность рассеивания при температуре окружающего воздуха ±20 °С 0,4 *вт*, при +70 °С — 0,25$P_{ном}$, пределы номинальных сопротивлений от 470 *ом* до 4,7 *Мом*; предельное рабочее напряжение 250 *в* постоянного или переменного тока; функциональная характеристика вида А; допустимые отклонения действительного сопротивления от номинального для резисторов до 220 *ком* ±20%; для резисторов свыше 220 *ком* ±30% (табл. 59).

Срок службы резисторов СП-0,4 составляет 500 *ч* при номинальной мощности рассеивания и 5 000 *ч* при мощности рассеивания, равной 50% от номинальной.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В брошюре приведено описание и даны наиболее важные технические характеристики целого ряда современных, выпускаемых промышленностью и широко применяющихся в радиоэлектронной аппаратуре различного назначения конденсаторов и резисторов. Однако перечень существующих типов конденсаторов и резисторов значительно шире, и привести их все в данной брошюре было невозможно из-за ограниченного ее объема. Кроме тех конденсаторов и резисторов, описание которых не попало в брошюру, но которые имеют широкое применение в радиоэлектронной аппаратуре, в настоящее время разработана, освоена или находится на стадии освоения целая серия новых конденсаторов с различными типами диэлектриков, а также как постоянных, так и переменных резисторов.

Авторы надеются, что содержащиеся в настоящей брошюре сведения о радиодеталях будут полезными для конструкторов радиоэлектронной аппаратуры и радиолюбителей.

Тип терморезистора	Преимущественная область применения	Пределы номинального сопротивления $R_{ном}$, ком	$\pm\Delta R_{ном}$, %, не более	Постоянная B, °К
КМТ-10 (а)	Тепловой контроль	100—3300 при 20 °С	20	≥3600
КМТ-11		100—3300 при 20 °С	20	≥3600
КМТ-12	Температурная компенсация	0,1—10 при 20 °С	30	≥3600
ММТ-12		0,0047—1,0 при 20 °С	30	2060—3430
ММТ-13 (а и б)		0,01—2,2 при 20 °С	20	2060—4300
КМТ-14	Измерение и регулирование температуры	0,51; 0,91; 160; 200; 330; 4300; 7500 при 150 °С	30	4100—7000
КМТ-17 (а и б)		0,3—20 при 20 °С	10; 20	≥3600
СТ1-17	Температурная компенсация, измерение и регулирование температуры	0,3—22 при 20 °С	10; 20	3600—6000
СТ3-17		0,033; 0,047; 0,068; 0,01; 0,15; 0,22; 0,33 при 20 °С	10; 20	2580—3860
СТ1-18	Измерение и регулирование температуры	1,5; 2,2; 22; 33; 1500; 2200 при 150 °С	20	4050—9000
СТ3-18		0,68; 1,0; 1,5; 2,2; 3,3 при 20 °С	20	2250—3520
СТ1-19		3,3; 4,7; 6,8; 10; 100; 150; 1500; 2200 при 150 °С	20	4230—7200
СТ3-19		2,2; 10; 15 при 20 °С	20	2900—3850

сторов с прямым подогревом

Температурный коэффициент сопротивления $-\alpha_T$, %/°C	Диапазон рабочих температур, °C	Максимальная допустимая мощность рассеяния $P_{макс}$, мвт, не более		Коэффициент рассеяния H, мвт/°C	Коэффициент энергетической чувствительности G, мвт	Постоянная времени τ, сек, не более	Срок службы, ч, не менее
		при $T_{ном}$	при $T_{макс}$				
⩾4,2 при 20 °C	0÷ +120	—	—	1	—	75	—
⩾4,2 при 20 °C	0÷ +120	—	—	0,8	—	10	—
⩾4,2 при 20 °C	—40÷ +120	—	0,3	7	1,3	—	5000
2,4—4,0 при 20 °C	—60÷ +120	—	0,5	7	2,3	—	5000
2,4—5,0 при 20 °C	—60÷ +125	—	0,3	—	2	—	5000
2,3—3,9 при 150 °C	—10÷ +300	100	0,03	0,8	0,1	—	3000
⩾4,2 при 20 °C	—60÷ +155	500	0,1	10	0,5	30	3000
4,2—7,0 при 20 °C	—60÷ +100	500	0,1	10	0,5	30	3000
3,0—4,5 при 20 °C	—60÷ +100	500	0,2	10	0,8	30	5000
2,25—5,0 при 150 °C	—60÷ +300	45	0,03	0,2	0,08	1	5000
2,6—4,1 при 20 °C	—90÷ +125	15	0,02	0,18	0,05	1	3000
2,35—4,0 при 150 °C	—60÷ +300	60	0,05	0,6	0,15	3	3000
3,4—4,5 при 20 °C	—90÷ +125	45	0,04	0,5	0,12	3	3000

ОГЛАВЛЕНИЕ

Аркадий Павлович Незнайко
Борис Юзикович Геликман

Конденсаторы и резисторы

Редактор *Ю. П. Хромов*
Редактор издательства *Т. В. Жукова*
Художественный редактор *Д. И. Чернышев*
Обложка художника *А. А. Иванова*
Технический редактор *Л. Н. Никитина*
Корректор *В. С. Антипова*

Сдано в набор 14/I 1974 г.
Подписано к печати 26/VII 1974 г. Т-12874
Формат 84×108[1]/[32] Бумага типографская № 2
Усл. печ. л. 5,88 Уч.-изд. л. 6,93
Тираж 70 000 экз. Зак ?14 Цена 28 коп.

Издательство «Энергия», Москва.
М-114, Шлюзовая наб. 10.

Набрано в Московской типографии № 10
Союзполиграфпрома при Государственном комитете
Совета Министров СССР по делам издательств,
полиграфии и книжной торговли.
Шлюзовая наб., 10.

Отпечатано во Владимирской типографии
Союзполиграфпрома при Государственном комитете
Совета Министров СССР по делам издательств,
полиграфии и книжной торговли.
Гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-б